



**UNIVERSIDAD DE LAMBAYEQUE**

**FACULTAD DE INGENIERÍA**

**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA AMBIENTAL**

**TESIS**

**Alternativas de Tratamiento de Aguas Residuales del Camal Municipal del  
Distrito de Tumbán**

**PRESENTADA PARA OPTAR EL TITULO DE INGENIERO AMBIENTAL**

**AUTOR**

**SALLY ESPINOZA PERALTA**

***CHICLAYO, Diciembre del 2017***

**FIRMA DEL ASESOR Y JURADOS DE TESIS**

---

**Mg. Ysabel Nevado Rojas**  
**ASESORA**

---

**Mg. Luis Fernando Terán Bazán**  
**PRESIDENTE**

---

**Lic. Ana María Juárez Chunga**  
**SECRETARIO**

---

**Mg. Marco Guillermo Paico García**  
**VOCAL**

## **DEDICATORIA**

### **A Dios,**

por estar conmigo en cada momento, por hacer de mí un ser perseverante, y por darme la fortaleza necesaria para seguir adelante.

### **A mis Padres,**

por ser los pilares fundamentales de mi vida, por inculcarme valores para ser cada día mejor, y por enseñarme a luchar por mis ideales a base de esfuerzo.

### **A mi Esposo e Hija,**

que mostraron en todo momento su comprensión, apoyo y amor incondicional.

***Sally Espinoza Peralta***

## AGRADECIMIENTO

Un sincero agradecimiento a mis ***Padres, Esposo e Hija*** por el apoyo incondicional brindado, que me permitió seguir adelante en este constante trajinar.

Eterno agradecimiento a mi asesora ***Mg. Ing. Ysabel Nevado Rojas*** por su apoyo constante y dedicación a lo largo de la ejecución del presente trabajo.

Consideración especial a la ***Dra. Martha A. Vergara Espinoza***, por haber aportado sus conocimientos y por su co-asesoría en la presente investigación.

Al ***Blgo. César Cabrejos Montalvo***, por su apoyo desinteresado y profesional en el desarrollo práctico en el Laboratorio de la Universidad de Lambayeque.

Mi gratitud a los ***Jurados***, por la dedicación y aporte profesional, a los maestros que contribuyeron a lo largo de mi formación académica.

A todas las personas que de una u otra manera mostraron su apoyo en mi desempeño profesional, especialmente a ***Guisemar del Carmen Yzáziga Yesquén*** un ser incondicional en todo momento.

***Sally Espinoza Peralta***

## RESUMEN

La presente investigación propuso Alternativas de Tratamiento de las Aguas Residuales del Camal Municipal del Distrito de Tumán, debido a la disposición final inapropiada de los efluentes generados al ambiente por esta actividad que son vertidos de manera directa, originando una contaminación marcada en la zona.

Se realizó el reconocimiento y verificación de las instalaciones con la finalidad de obtener un diagnóstico ambiental del lugar y del proceso en general, conociéndose los volúmenes y naturaleza de los residuos que se generan , de tal manera que durante la ejecución se realizaron muestreos de las aguas teniendo en cuenta las técnicas y protocolos de monitoreo para efluentes, los mismos que fueron sometidos a análisis físico químico y microbiológicos cuyos resultados permitieron ser comparados , encontrándose que en las muestras de Agua de Cisterna Externa (M1) y Agua de Proceso de Grifos (M2) no existe contaminación alguna , cuyos parámetros están dentro de los Límites Máximos Permisibles por la normatividad vigente según D.S. 031-2010-S.A ,considerándose unas muestras homogéneas debido a que no presentan variabilidad representativa de las mismas ; mientras que los resultados obtenidos de las muestras denominadas Canaleta Interna (M3) , Tubo Desfogue 1°-vacunos (M4) y Tubo Desfogue 2°-porcinos (M5), los parámetros se encuentran fuera de los ECAS y LMP, establecidos en los D.S.004-2017-MINAM; D.S.015-2015-MINAM; D.S..2009-MINAM, determinando que existe una contaminación alta que superan dichos valores, por lo que se planteó un sistema de tratamiento de las aguas residuales y se obtuvo un agua tratada de calidad y de esta manera reutilizarla en el riego de plantas de tallo corto cuyos resultados fueron: : DBO (7.36 mg/L), DQO (24.77 mg/L), SST (0.36 mg/L), Aceites y Grasas (0.82 mg/L) Coliformes Totales (450 NMP/100ml) y Coliformes Fecales (65 NMP/100ml). En tal sentido con esto se pretendió minimizar la generación y maximizar el aprovechamiento de los residuos, así como la reducción de cargas contaminantes enviadas directamente a acequias, mejorando las condiciones ambientales, para preservar la salud de los habitantes.

**PALABRAS CLAVE:** Agua Residual, Sistemas de Tratamientos, Muestreos, Análisis de aguas, Contaminación.

## ABSTRACT

The present investigation proposed Alternatives of Wastewater Treatment of the Municipal Camal of the District of Tumán, due to the inappropriate final disposal of the effluents generated to the environment by this activity that are discharged directly, causing a marked contamination in the area.

The recognition and verification of the facilities was carried out with the purpose of obtaining an environmental diagnosis of the place and the process in general, knowing the volumes and nature of the waste generated, in such a way that during the execution the waters were sampled. taking into account the techniques and monitoring protocols for effluents, which were subjected to physical and chemical microbiological analysis whose results allowed comparison, finding that in the samples of External Cistern Water (M1) and Water Process Griffins (M2) ) there is no pollution, whose parameters are within the Maximum Permissible Limits by the current regulations according to DS 031-2010-S.A, considering homogeneous samples because they do not have representative variability of them; while the results obtained from the samples called Internal Gutter (M3), Desfogue Tube 1 ° -vacuous (M4) and Tube Desfogue 2 ° - porcinos (M5), the parameters are outside the ECAS and LMP, established in the DS 004-2017-MINAM; D.S.015-2015-MINAM; DS.2009-MINAM, determining that there is a high contamination that exceeds said values, for which a wastewater treatment system was proposed and a quality treated water was obtained and in this way reuse it in the irrigation of stem plants short whose results were:: BOD (7.36 mg / L), COD (24.77 mg / L), SST (0.36 mg / L), Oils and Fats (0.82 mg / L) Total Coliforms (450 NMP / 100ml) and Fecal Coliforms (65 NMP / 100ml). In this sense, it was intended to minimize the generation and maximize the use of waste, as well as the reduction of pollutant loads sent directly to ditches, improving environmental conditions, to preserve the health of the inhabitants.

**KEYWORDS:** Residual Water, Treatment Systems, Sampling, Water Analysis, Pollution.

## Contenido

<b>I. INTRODUCCIÓN</b>	1
<b>II. ANTECEDENTES</b>	4
<b>2.1. BASE TEÓRICA</b>	11
2.1.1. Ubicación Geográfica del Distrito	11
2.1.2. Aguas Residuales	11
2.1.3. Características de las Aguas Residuales	12
2.1.4. Clasificación de Aguas Residuales	12
2.1.5. Composición de Aguas Residuales	14
2.1.6. Parámetros de las Aguas Residuales	15
2.1.7. Identificación de Parámetros Físicos, Químicos y Microbiológicos	21
2.1.8. Aguas de Regadío	22
2.1.9. Plantas de Tallo Corto	22
2.1.10. Camal	23
2.1.11. Tipos de Tratamientos de las aguas residuales	28
<b>2.2. MARCO LEGAL</b>	49
<b>2.3. DEFINICIÓN DE TERMINOS BÁSICOS</b>	56
<b>III. MATERIALES Y MÉTODOS</b>	59
<b>3.1. POBLACIÓN Y MUESTRA EN ESTUDIO</b>	59
<b>3.2. MÉTODOS, TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS</b>	60
3.2.1. MÉTODOS	61
3.2.2. TÉCNICAS	62
3.2.3. MATERIALES E INSTRUMENTOS	64
<b>3.3. PROCESAMIENTO DE DATOS Y ANÁLISIS ESTADÍSTICO</b>	65
<b>IV. RESULTADOS</b>	66
<b>4.1. DESCRIPCIÓN DEL OPERADOR DE LA ACTIVIDAD</b>	66
4.1.1. Organización	66
4.1.2. Infraestructura	67
4.1.3. Abastecimiento de Agua	68
4.1.4. Desagüe y Residuos Sólidos	68
<b>4.2. DESCRIPCIÓN DE LA ACTIVIDAD</b>	71
4.2.1. Fases del Proceso	71
4.2.2. Proceso de Producción	74

<b>4.3.</b>	<b>EVALUACIÓN DE LAS ETAPAS DEL PROCESO .....</b>	<b>75</b>
<b>4.4.</b>	<b>DOTACIÓN DE FAENA .....</b>	<b>75</b>
<b>4.5.</b>	<b>CONSUMO DE AGUA EN EL PROCESO .....</b>	<b>76</b>
<b>4.6.</b>	<b>IDENTIFICACIÓN DE LOS PUNTOS CRÍTICOS SELECCIONADOS A EVALUAR .....</b>	<b>76</b>
<b>4.7.</b>	<b>METODOLOGÍA DE ANÁLISIS DE LAS MUESTRAS DE AGUAS RESIDUALES .....</b>	<b>77</b>
<b>4.8.</b>	<b>ANÁLISIS DE LOS PARÁMETROS FÍSICO QUÍMICOS Y MICROBIOLÓGICOS DE LAS AGUAS RESIDUALES DEL CAMAL MUNICIPAL DEL DISTRITO DE TUMÁN</b>	<b>83</b>
4.8.1.	ANÁLISIS FÍSICO QUÍMICOS Y MICROBIOLÓGICOS : M1 – M2 .....	83
4.8.2.	ANÁLISIS FÍSICO QUÍMICOS Y MICROBIOLÓGICOS - MUESTRAS DE EFLUENTES : M3 – M4 – M5 .....	90
<b>4.9.</b>	<b>PLANTEAMIENTO DE PROPUESTA DE SISTEMA DE TRATAMIENTO ADECUADO PARA LOS EFLUENTES GENERADOS EN EL CAMAL MUNICIPAL DEL DISTRITO DE TUMAN .....</b>	<b>98</b>
4.9.1.	TRATAMIENTO PRELIMINAR .....	98
4.9.2.	TRATAMIENTO PRIMARIO .....	99
4.9.3.	TRATAMIENTO SECUNDARIO .....	99
4.9.4.	TRATAMIENTO TERCIARIO .....	101
<b>4.10.</b>	<b>FACTORES DE SELECCIÓN DEL TRATAMIENTO ADECUADO PARA LOS EFLUENTES GENERADOS EN EL CAMAL MUNICIPAL DEL DISTRITO DE TUMAN .....</b>	<b>107</b>
4.10.1.	Uso de Factores Ponderados para la Selección del Tratamiento Secundario .....	107
4.10.2.	Comparación de factores .....	109
<b>4.11.</b>	<b>SELECCIÓN DEL SISTEMA DE TRATAMIENTO ELEGIDO PARA LAS AGUAS RESIDUALES DEL CAMAL MUNICIPAL DEL DISTRITO DE TUMÁN .....</b>	<b>112</b>
<b>4.12.</b>	<b>DIAGRAMA GENERAL DEL PROCESO DE LA PROPUESTA ELEGIDA .....</b>	<b>114</b>
<b>4.13.</b>	<b>PORCENTAJES DE REMOCIÓN EN CADA ETAPA DEL PROCESO ELEGIDO PARA EL TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES .....</b>	<b>115</b>
<b>4.14.</b>	<b>BALANCE DE MATERIA DEL SISTEMA DE TRATAMIENTO PARA LAS AGUAS RESIDUALES DEL CAMAL MUNICIPAL DEL DISTRITO DE TUMÁN .....</b>	<b>116</b>
<b>4.15.</b>	<b>COMPARACIÓN DE PARÁMETROS FINALES DE LOS BALANCES DE MATERIA CON LOS PARÁMETROS SEGÚN NORMATIVIDAD VIGENTE Y CRITERIOS DE REÚSO .....</b>	<b>119</b>
<b>4.16.</b>	<b>POSIBLES IMPACTOS GENERADOS POR RESIDUOS DEL SISTEMA DE TRATAMIENTO .....</b>	<b>121</b>



<b>4.17. ANÁLISIS COSTO BENEFICIO DE LA IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES PROPUESTO.....</b>	<b>121</b>
<b>V. DISCUSIÓN .....</b>	<b>124</b>
<b>VI. CONCLUSIONES .....</b>	<b>126</b>
<b>VII. RECOMENDACIONES.....</b>	<b>129</b>
<b>VIII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....</b>	<b>130</b>
<b>IX. ANEXOS .....</b>	<b>135</b>

## INDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1</b> Clasificación de las aguas residuales .....	41
<b>Tabla 2</b> Composición general de aguas residuales .....	41
<b>Tabla 3</b> Composición de aguas residuales de un matadero según STECHER Y RUPRECHT.....	43
<b>Tabla 4</b> Clasificación de parámetros de calidad de aguas residuales.....	44
<b>Tabla 5</b> Estándares Nacionales de Calidad Ambiental del Agua Categoría 3: Riego de vegetales y bebidas de animales D.S 015-2015-MINAM .....	44
<b>Tabla 6</b> Estándares Nacionales de Calidad Ambiental del Agua Categoría 3: Riego de Vegetales y Bebidas de Animales D.S. N° 004-2017 MINAM.....	45
<b>Tabla 7</b> Categorías para ECA – D.S. N°004-2017-MINAM .....	46
<b>Tabla 8</b> Tipos de tratamiento para aguas residuales .....	47
<b>Tabla 9</b> Procesos Físicos – Químicos y Biológicos.....	48
<b>Tabla 10</b> Identificación de Puntos Críticos a evaluar.....	59
<b>Tabla 11</b> Metodología de Análisis Aguas residuales Camal Municipal.....	61
<b>Tabla 12</b> Generación de efluentes en las etapas del proceso.....	78
<b>Tabla 13</b> Generación de Residuos Sólidos del proceso .....	78
<b>Tabla 14:</b> Dotación general de animales faenados en Camal Municipal.....	79
<b>Tabla 15</b> Consumo de Agua por animal faenado. D.S. N° 015 – 2012 – AG.....	80
<b>Tabla 16</b> Cálculo del volumen de agua consumida faenado /meses.....	80
<b>Tabla 17</b> Cálculo del volumen general de agua utilizada/día.....	80
<b>Tabla 18</b> Identificación de Puntos Críticos.....	81
<b>Tabla 19</b> Resultados Parámetros Físico Químicos y Microbiológicos.....	83
<b>Tabla 20</b> Resultados Parámetros Físico Químicos y Microbiológicos M3 –M4 - M5... ..	90

<b>Tabla 21</b> Ventajas y Desventajas del Tratamiento por Filtros Percoladores.....	104
<b>Tabla 22</b> Ventajas y Desventajas del Tratamiento por Sistemas Biológicos	
Rotativos de Contacto (RBC) O Biodiscos .....	104
<b>Tabla 23</b> Ventajas y Desventajas del Tratamiento por Lodos Activados.....	105
<b>Tabla 24</b> Ventajas y desventajas del tratamiento con Reactor Anaerobio .....	105
<b>Tabla 25</b> Ventajas y desventajas del tratamiento por lagunas de Estabilización.....	106
<b>Tabla 26</b> Ventajas y desventajas de los Desinfectantes.....	107
<b>Tabla 27</b> Análisis entre Factores Ponderados .....	111
<b>Tabla 28</b> Rango de calificación según factores.....	111
<b>Tabla 29</b> Calificación de los factores para cada tratamiento analizado.....	112
<b>Tabla 30</b> Porcentajes de Remoción por etapas de la propuesta.....	116
<b>Tabla 31</b> Comparación de Parámetros Físicos Químicos Agua Cisterna (M1)	
Agua de Proceso (M2).....	121
<b>Tabla 32</b> Comparación de Parámetros Físicos Químicos y Microbiológicos	
de Canaleta Interna(M3), Tubo desfogue 1° (M4), Tubo Desfogue 2°	
(M5) .....	121
<b>Tabla 33</b> Impactos generados por el sistema de tratamiento de aguas	
residuales propuesto .....	124

## INDICE DE FIGURAS

<b>Figura N° 01</b> Diagrama de Flujo de Camales .....	24
<b>Figura N° 02</b> Infraestructura Camal Municipal Tumán.....	69
<b>Figura N° 03</b> Cisterna y Tanque Elevado de almacenamiento de agua.....	70
<b>Figura N° 04</b> Diagrama de Proceso del Camal Municipal del Distrito de Tumán.....	74
<b>Figura N°05</b> Reconocimiento de los puntos críticos a evaluar.....	82
<b>Figura N°06</b> Muestreo simple en los puntos determinados a evaluar.....	82
<b>Figura N°07</b> Valores obtenidos de pH en los meses de Agosto - Octubre 2017.....	86
<b>Figura N°08</b> Valores obtenidos de Temperatura (°C) en los meses de Agosto - Octubre 2017 .....	87
<b>Figura N°09</b> Valores obtenidos de Turbidez en los meses de Agosto - Octubre 2017 .....	87
<b>Figura N°10</b> Valores obtenidos de Conductividad en los meses de Agosto - Octubre 2017 .....	87
<b>Figura N° 11</b> Valores obtenidos de Metales durante Agosto - Octubre 2017.....	88
<b>Figura N°12</b> Valores obtenidos de Coliformes Fecales y Totales durante los meses de Agosto - Octubre 2017 .....	89
<b>Figura N°13</b> Valores obtenidos de Potencial Hidrógeno (pH), meses de Agosto - Octubre 2017 .....	94
<b>Figura N°14</b> Valores obtenidos de Temperatura (°C) , meses de Agosto - Octubre 2017.....	94
<b>Figura N°15</b> Valores Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO <sub>5</sub> ) Agosto - Octubre 2017.....	95
<b>Figura N°16</b> Valores obtenidos de Demanda Química de Oxígeno (DQO) durante los meses de Agosto - Octubre 2017.....	95
<b>Figura N°17</b> Valores obtenidos de Sólidos Sedimentables Totales (SST) durante los meses de Agosto - Octubre 2017.....	96

<b>Figura N°18</b> Valores obtenidos de Aceites y Grasas (Ac y G) durante los meses de Agosto - Octubre 2017 .....	96
<b>Figura N°19</b> Valores obtenidos de Coliformes Totales y Fecales durante los de Agosto - Octubre 2017 .....	97
<b>Figura N° 20</b> Evaluación de Tipos de Tratamiento.....	112
<b>Figura N° 21</b> Diagrama del Proceso de Tratamiento de Aguas Residuales del Camal municipal del Distrito de Tumbán Propuesto.....	115

## INDICE DE ANEXOS

<b>Anexo 01</b>	Mapa de Ubicación Geográfica del Distrito de Tumán.....	136
<b>Anexo 02</b>	Plano de Ubicación del área de estudio. ....	137
<b>Anexo 03</b>	Requisitos para la toma de muestras de agua residual y preservación de las muestras para el monitoreo .....	138
<b>Anexo 04</b>	Ubicación Satelital del Camal Municipal del Distrito de Tumán.....	139
<b>Anexo 05</b>	Plano Área Total del Camal Municipal del Distrito de Tumán.....	140
<b>Anexo 06</b>	Reconocimiento y Visita a las Instalaciones del Camal Municipal del Distrito de Tumán.....	141
<b>Anexo 07</b>	Análisis Físico Químicos y Microbiológicos de las Aguas Residuales del Camal Municipal del Distrito de Tumán pH – T °C.....	141
<b>Anexo 08</b>	Análisis Físico Químicos y Microbiológicos de las Aguas Residuales del Camal Municipal del Distrito de Tumán Determinación de Solidos Sedimentables Totales (SST).....	142
<b>Anexo 09</b>	Análisis Físico Químicos y Microbiológicos de las Aguas Residuales del Camal Municipal del Distrito de Tumán Coliformes Totales y Fecales.....	143
<b>Anexo 10</b>	Recomendaciones referidas a la Calidad del Agua de Reúso para Riego según la OMS – 1989 .....	144
<b>Anexo 11</b>	Base de Datos Estadísticos Camal Municipal del Distrito Tumán.....	145

## I. INTRODUCCIÓN

Actualmente uno de los problemas ambientales que más preocupa a la humanidad es la gran cantidad de aguas residuales que se vierten a los cuerpos de agua sin tratamiento, por eso es de gran importancia que se traten adecuadamente y para que esto se logre se recurre a muchos métodos (**Rubio et.al., 2009**), a esto se suma el acelerado desarrollo poblacional y la gran demanda del recurso hídrico que dan lugar a la contaminación y por ende a la destrucción de los recursos de flora y fauna así como del paisaje, ya que gran parte de las aguas residuales son descargadas a las fuentes de agua, esta situación es de particular importancia en las regiones Costa y Sierra en donde se desarrollan muchas actividades agropecuarias e industriales.

Las descargas orgánicas provenientes de la actividad de los camales generan efluentes, emisión de olores y residuos sólidos cuya disposición inadecuada influye negativamente en el ambiente y en la salud de la población aledaña, son una fuente principal de contaminación, aun así su tratamiento antes de la eliminación o reutilización es una opción que tienen los pueblos para disminuir los niveles de contaminación ambiental. (**Briceño et.al.,2009**).

Esta situación se agrava aún más por la realidad socioeconómica de los camales, la mayoría de propiedad y administración municipal, no permiten acceder con facilidad a sistemas de manejo más adecuados, para tratar el tipo de residuos generados. Es importante entonces, generar alternativas, que además de ser eficaces en la reducción de impactos ambientales, sean económicas y sencillas de implementar y manejar; y que permita evitar y disminuir riesgos al ambiente. (**Ruiz 2011**).

El distrito de Tumán cuenta con una población de 30,194 habitantes considerando anexos y centros poblados, de tal manera que en los últimos tiempos, se ha producido una gran demanda de productos cárnicos debido al desarrollo poblacional, es así que en el Camal Municipal del distrito de Tumán se ha incrementado la faena de animales destinados para el abasto público, actividad que genera efluentes provenientes del desangrado de los animales,

presencia de residuos sólidos biodegradables que son descargadas directamente a los canales y acequias cercanas sin aplicarles un tratamiento adecuado, generando diferentes tipos de contaminación ambiental, que afecta la salud de la población manifestada principalmente por la proliferación de microorganismos patógenos ,así como de insectos roedores y animales carroñeros que actúan como transmisores y diseminadores de aquellos.

Ante la problemática expuesta se formuló el siguiente problema de investigación: ¿Qué sistemas de tratamiento para las aguas residuales del camal municipal del distrito de Tumán se podrían proponer para obtener aguas para uso de riego de plantas de tallo corto?, por tal razón se promueve este estudio de evaluación de las aguas residuales para poder caracterizarlas y proponer sus posibles soluciones de depuración a través de la aplicación de sistemas de tratamientos viables que garanticen la calidad del agua para su reutilización en el riego de plantas de tallo corto y en el funcionamiento del mismo camal; con ello se beneficiarían no sólo los pobladores de la zona sino también la comunidad en general mejorando de esta manera las condiciones medioambientales, ante ello se propuso como Objetivo General : Proponer un sistema de tratamiento viable de las aguas residuales del camal municipal del distrito de Tumán, para su uso como agua de riego de plantas de tallo corto; teniendo como Objetivos Específicos: 1. Evaluar las etapas del proceso para la obtención de carne para consumo humano; en el camal 2. Identificar los puntos críticos y caracterizar físico química y microbiológicamente los efluentes provenientes del camal municipal del distrito de Tumán; 3. Caracterizar físico química y microbiológicamente las aguas de procesamiento del camal municipal del distrito de Tumán; 4. Comparar los parámetros físico químicos y microbiológicos de las muestras obtenidas durante los meses de Agosto a Octubre 2017 con la normatividad vigente; 5. Evaluar diferentes sistemas de tratamiento para las aguas residuales del camal municipal del distrito de Tumán; 6. Seleccionar el sistema de tratamiento de agua residual que cumpla con las características de ser eficiente y económicamente viable con el medio ambiente, y planteándose la Hipótesis: Se podrá establecer un sistema de tratamiento



viable para las aguas residuales del Camal Municipal del Distrito de Tumbán para obtener un agua para uso de riego de plantas de tallo corto, teniendo como variables los Parámetros físico químicos y microbiológicos y la calidad del agua residual del Camal Municipal del Distrito de Tumbán.

Realizado el trabajo de caracterización y según los resultados obtenidos se ha comprobado que los parámetros de los análisis físico químicos y microbiológicos de las aguas residuales del Camal Municipal de Tumbán se determinó que las muestras denominadas M1 ( Agua de Cisterna Externa ) y M2 (Agua de Proceso de Grifos) no existe contaminación alguna , encontrándose dentro de los Límites Máximos Permisibles por la normatividad ambiental vigente según D.S. 031-2010-S.A ,considerándose unas muestras homogéneas debido a que no presentan variabilidad representativa de las mismas ; mientras que los resultados obtenidos de las muestras denominadas M3 (Canaleta Interna) , M4 (Tubo Desfogue 1° - faena vacunos) y M5 (Tubo Desfogue 2° - faena porcinos) , los parámetros se encuentran fuera de los ECAS y LMP, establecidos en los D.S.004-2017-MINAM; D.S.015-2015-MINAM;D.S..2009-MINAM, determinando que existe una contaminación alta que superan dichos valores y mientras que los parámetros de pH y Temperatura se encuentran dentro de los valores permitidos , indicando que la muestra denominada M5 (Tubo Desfogue 2° - faena porcinos) , es la que tiene mayor cantidad de carga contaminante con los valores más elevados, por lo que ese requiere plantear un sistema de tratamiento viable y que en esta evaluación recae sobre un sistema que abarca desde un Tratamiento Preliminar (desbaste , trampa grasa), Secundario (Filtro Percolador y Lodos activados) y Terciario( Desinfección) para poder tener un agua tratada de calidad y de esta manera reutilizarla en el riego de plantas de tallo corto.

## II. ANTECEDENTES

**RAS, (2000)**, Reportó que las aguas residuales son aquellas que ya han sido usadas y en ellas se encuentran suspendidas ciertas sustancias procedentes del propio uso, entre estas sustancias podemos citar aceites, sustancias químicas, combustibles, restos de alimentos, etc., que pueden dañar gravemente nuestros recursos hídricos. Para su caracterización se emplean tanto métodos de análisis cuantitativos, en la determinación precisa de la composición química del agua, como análisis cualitativos para el conocimiento de las características físicas y biológicas. Las características físicas más importantes del agua residual son el contenido total de sólidos, el olor, la temperatura, la densidad, el color y la turbiedad. Entre las principales características químicas se encuentran: la materia orgánica, la materia inorgánica y los gases disueltos. Las características biológicas incluyen los principales grupos de microorganismos presentes en las aguas residuales tanto aquellas que intervienen en los tratamientos biológicos como los organismos patógenos. El objetivo principal del tratamiento de las aguas residuales es eliminar la mayor cantidad posible de DBO (Demanda Bioquímica de Oxígeno) antes de verter el agua residual, llamada efluente, al medio. El nivel de tratamiento elegido depende de la necesidad de obtener mayor o menor cantidad de agua purificada.

**Bonilla, (2007)**, Determinó que en la mayoría de camales municipales, los residuos sólidos y líquidos provenientes de la actividad de faenamiento, son vertidos en el drenaje o cuerpos hídricos. Esta situación representa, además del evidente daño ambiental, un gran desperdicio de recursos que pueden ser reusados y considerados como un subproducto de la matanza. Esto significa que se requiere un cambio de paradigma, hacia uno con visión ambientalista en el que se entienda que los residuos son recursos que pueden y deben aprovecharse. al mismo tiempo se disminuye la contaminación ambiental y se previenen riesgos a la salud humana.

**Guerrero, et al., (2004)**, Afirma que la falta de recursos económicos no debe ser una excusa para una producción sustentable de productos cárnicos, pues la organización, planificación e implementación de medidas preventivas simples y poco costosas (como el manejo ambientalmente sano de los residuos orgánicos), permiten abordar el problema de forma eficiente, en cuanto a requerimientos y resultados, al generar valor agregado a los residuos manejados.

**Muñoz, (2005), en su estudio “ System of Residual Water Treatment of Slaughter House : For a Smaller Popolation 2000 Inhabitans ”** (Sistema de Tratamiento de Aguas Residuales de Matadero : para una población menor de 2000 habitantes ) revisó tres posibles métodos de tratamientos de aguas residuales de matadero por las características típicas de esta agua y los requerimientos recomendados , se seleccionó una alternativa de tratamiento más viable, obteniendo las siguientes conclusiones : La purificación de las aguas residuales es un proceso de centralización y aceleración que normalmente se da en la naturaleza , influirán en el diseño . Debido al costo, al mantenimiento y al propio proceso, no se aconseja un tratamiento convencional sofisticado, porque es muy costoso tanto en capital como en gastos de funcionamiento, Recomienda además desinfectar siempre las aguas residuales finales y aplicar tratamiento térmico al residuo. Para los mataderos de tamaño intermedio, el costo de purificación de las aguas residuales es alto, la etapa del tratamiento en estanque podría omitirse, pero el tratamiento primario proporcionaría una calidad de agua útil para el riego, forraje y ganado.

**Bonilla, (2007)**, Reportó que la recuperación y separación de los residuos de manera integral en el camal es esencial, valorarlos como un subproducto y poderlos utilizar en otras actividades, como la elaboración de harinas y alimentos, compostaje o, incluso, generación de energía. Posteriormente, al separar los residuos, se facilita el tratamiento de las aguas residuales, para cumplir con la legislación ambiental vigente (TULSMA) y con ello evitar la contaminación de cuerpos hídricos y la afectación a sus potenciales usos.

**Briceño, et al, (2009)** , En la investigación realizada a las aguas del río Catamayo y el agua de consumo en el camal, obtuvieron los resultados de la calidad del agua, que va de regular a mala, siendo los coliformes fecales ( $8,7 \times 10^2$  a  $5 \times 10^3$  UFC /100 ml), sólidos disueltos totales (139,1 a 288 mg/l) y, turbidez (67,4 NTU) los parámetros que más afectaron su calidad como consecuencia de actividades ajenas al camal como: eliminación de excretas, materia orgánica, aguas residual y otras. Por otro lado, la sangre se constituye en uno de los factores principales de contaminación producto de las actividades del camal ya que cada litro de sangre es capaz de incrementar las concentraciones de DBO en 150 000 a 200 000 mg/l, por tanto, los 577,6 litros de sangre generados en un mes de faenamiento incrementan la concentración de la DBO a 86 640 000 mg/l. Además determinaron que la producción de residuos sólidos biodegradables (estiércol, contenido ruminal, restos de vísceras, cuernos y pezuñas), no reciben ninguna disposición ambiental adecuada ya que son eliminados a campo abierto luego de cada faena, proponiendo como alternativa de manejo como la elaboración de compost que no sólo brinda un manejo óptimo de los residuos, sino que es un excelente abono orgánico natural.

**Metcalf, et al., (1996)**, Afirman que las aguas residuales son aguas evacuadas que presentan contaminación, conocidas también como aguas negras o grises, dependiendo de su origen. Así también **Crites, et.al., (2000)**; afirman que existen diferentes constituyentes o elementos que se encuentran presentes en las aguas residuales, generalmente clasificados en elementos físicos, químicos y biológicos. Estos constituyentes son determinados por distintos análisis y pruebas de laboratorio. En características físicas se presentan sólidos totales, color, olor, turbiedad, densidad, entre otros. Entre las características químicas se encuentran Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO), Demanda Química de Oxígeno, Metales, Nitrógeno. En características biológicas se trata de diferentes microorganismos presentes y su toxicidad.

**Lara, (2011)**, Determinó que en la actualidad el camal Municipal de Baños ( Ambato – Ecuador) no cuenta con un debido proceso de faenamiento de los animales razón por la cual genera malestar a los habitantes del sector y no brinda un producto de calidad ya que el animal es sacrificado de forma rudimental, verificándose que las aguas residuales del camal son vertidas directamente al río Pastaza lo que está fuera de la normatividad, contaminándolas con altos grados contaminantes tanto en DBO, DQO, sólidos totales, sólidos sedimentables, recomendándose realizar una planta de tratamiento que ayude a devolver al agua sus propiedades reglamentarias que no generen contaminación.

**Becerra, et al., (2014)**, Manifiestan que las operaciones de matadero generan un efluente complejo y variable, con una elevada concentración de materia orgánica, constituida principalmente por proteínas y sus productos de descomposición, y grasas, considerándose como una industria con elevado potencial contaminante, y que para ello se debe plantear alternativas para el tratamiento de las aguas residuales, siendo necesario realizar la caracterización de estos vertimientos teniendo en cuenta los parámetros básicos de calidad del agua, para poder definir la mejor alternativa de tratamiento. Trabajaron con muestras de aguas residuales de 6 camales de Trujillo a las cuales se les realizó la caracterización físico química y microbiológica de cada uno de los efluentes, obteniendo como resultados que los valores de DQO, DBO<sub>5</sub>, Aceites y Grasas, Sólidos Totales Disueltos, Coliformes totales y Termotolerantes se encuentran elevados según los parámetros establecidos en el D.S - 2009 PRODUCE; además de la presencia de Salmonella sp., y que la relación DBO<sub>5</sub>/DQO (>0.6) permite inferir que la materia orgánica presente es Biodegradable, la cual es fácilmente removible por acción bacteriana y oxigenación adecuada.

**Arenas et al., (2010); Romero, (2012)**; plantearon alternativas para el tratamiento de las aguas residuales en este tipo de procesos derivados de actividades productivas de tipo intensivo, se deben evaluar una serie de

variables tanto técnicas como económicas para definir finalmente la mejor alternativa a implementar. En general, cualquier alternativa de tratamiento que se seleccione deberá contemplar un esquema de un pre tratamiento para remoción de desbaste de gruesos, finos, plumas y partículas finas, un tratamiento primario enfocado a la remoción de sólidos suspendidos (grasas, aceites y sólidos sedimentables), homogenización de la calidad del agua residual y ecualización del flujo hidráulico (amortiguar las variaciones horarias de calidad y cantidad) a través de procesos físicos y químicos y finalmente uno secundario, preferiblemente seleccionado de las alternativas de tipo biológico y centrado en la estabilización de la materia orgánica presente en el agua residual después del tratamiento primario a través de la acción de biomasa activa especialmente bacterias.

**TULSMA (2015)**, Determinó en el rediseño de una Planta de Tratamiento de Agua Residuales (Centro de Faenamiento Municipal de Francisco de Orellana) , las variables consideradas de importancia para el análisis del agua residual del sistema de tratamiento, dando a conocer las condiciones físicas-químicas-biológicas del agua tratada en la planta. Los resultados de laboratorio indican que la concentración de la demanda química de oxígeno (350,87 mg/L), hierro total (12,46 mg/L), sólidos totales suspendidos (128,17 mg/L), sólidos sedimentables (2,33 mg/L), y coliformes fecales ( $2,01 \times 10^6$  Col/100ml) no garantizan la calidad del agua de acuerdo a lo establecido en el.

**Espín , (2013)**, una planta de tratamiento para efluentes de mataderos, requiere ser diseñada para remover los niveles de contaminantes de parámetros como: DBO, DQO, sólidos suspendidos, sólidos sedimentables, sólidos totales, color, microorganismos patógenos, entre otros. Lo más recomendado es diseñar un sistema de tratamiento que considere un pre tratamiento (rejillas o trampa de grasas) un tratamiento primario (físico o químico) y un tratamiento biológico, sin embargo, la solución que cada planta adopte, podrá sufrir variaciones en función de las cargas contaminantes, etc.

**Grefa , (2013)** , analizó que el rediseño de una planta de tratamiento implicaría dos procesos de mejora: el primero corresponde el dimensionamiento de un sistema de rejilla fina (0,51m\*0,40m), con 17 barras metálicas, 0,9cm de espesor y una separación entre ellas de 1,5 cm; y la segunda consiste en el cambio del material filtrante del primer humedal una capa de 30 cm de grava de 5mm diámetro, la segunda y tercera capa de 20 cm de grava de 15 y 25 mm de diámetro respectivamente, y el segundo humedal una capa de 40 cm de arena, la segunda y tercera capa de 15cm de grava de 15 y 25 mm de diámetro respectivamente.

**German et al., (2013)**, Investigó que el camal Municipal de llave genera gran cantidad de residuos líquidos y residuos sólidos, y se ha verificado la problemática ambiental existente enfocada principalmente en el río llave por el vertimiento directo de efluentes líquidos de camal, así como la contaminación por residuos sólidos ,estas aguas residuales contienen altos niveles de carga orgánica, reportándose altos índices de DBO<sub>5</sub> (854 mg/l), DQO (1758 mg/l), sólidos suspendidos (2100 mg/l), fósforo total (272 mg/l) y nitrógeno total (320 mg/l) cuyos valores sobrepasan los límites máximos permisibles para la descarga de efluentes líquidos de camal. Para ello se aplicó el sistema de tratamiento mixto lechada de cal-sulfato de aluminio y sedimentación cuya tecnología es adecuada ya que permite remover DBQ<sub>5</sub> al 75%, DQO al 73%, fósforo al 95% y sólidos en suspensión al 99%, así como la reducción de coliformes totales.

**Salas et al.,(2011)**, en su investigación: Tratamiento de las aguas residuales de un centro de beneficio de ganado, afirman que los residuos líquidos son efluentes que contienen sangre, rumen, pelos, grasas y proteínas y que además tienen una carga orgánica, DBO y de nutrientes media-alta (sangre) con un contenido importante de sólidos en suspensión, grasas y aceites, rumen, así como vertidos líquidos de la operación de escaldado y lavada de carcasas, limpieza de equipos e instalaciones donde usaron el método de flotación por aire disuelto (DAF) para la separación de grasas,

aceites, y sangre coloidal, siendo un sistema muy eficiente, determinando que la temperatura del agua varió entre 20 y 22 °C. y que el punto de muestreo fue el efluente que ingresa al DAF reportó las características siguientes: pH = 7,2; DBO (mg/L)= 9300 mg/L, DQO=4700 mg/L, grasas y aceites F&G =28 mg/L. además concluyeron que la flotación con aire disuelto (DAF) permite reducir la carga contaminante, reduciendo el DBO<sub>5</sub> en 80%, DQO en 75% y grasas y aceites en 95% , por lo tanto los efluentes que contienen sangres salen con una DBO: 1960 mg/L; DQO: 705 mg/L; aceites y grasas: 1,4 mg/L; mientras que los efluentes sin sangre salen con una DBO de 200 mg/L. Finalmente se concluye que los sistemas de flotación por aire disuelto (DAF) permiten reducir la carga contaminante contenida en los efluentes generados en el matadero, reduciendo la DBO en 90%.

**Okuda et al.,( 2001)**, en su investigación afirman que muchos agentes coagulantes se utilizan en los procesos de tratamiento de agua, los cuales pueden ser clasificados como coagulantes inorgánicos (sales de aluminio y hierro), sintética y polímeros orgánicos naturales. Estos últimos o también llamados bioabsorbentes han sido ampliamente estudiados desde la década de los 70, tal como lo muestra **Real-Olvera, (2015)** y **Nharingo et al., (2016)**. Que el parámetro operacional para determinar la eficiencia de un coagulante son la turbiedad y el color, que mide de manera indirecta la concentración de partículas y que la velocidad y la eficiencia del proceso de coagulación-floculación dependen de la composición del agua residual, temperatura, pH y velocidad de mezcla.



## **2.1. BASE TEÓRICA**

### **2.1.1. Ubicación Geográfica del Distrito**

El Distrito de Tumán, se encuentra ubicado en la parte central de la provincia de Chiclayo, Región Lambayeque, a 18 Km. al este en la carretera de penetración al Distrito de Chongoyape, se localiza entre las coordenadas 6°44'47", de latitud Sur y 79°42'16" de longitud Oeste, con una altitud de 56 m.s.n.m., en la abertura del Valle Chancay que irrigan los ríos: Taymi, Lambayeque y Reque. **(Anexo 01)**

- **Ubicación del área de estudio**

La presente investigación se realizó en el Camal Municipal del Distrito de Tumán, perteneciente a la Provincia de Chiclayo, Departamento de Lambayeque, durante los meses de Agosto a Octubre del 2017. **(Anexo 02)**

- **Límites del área de estudio**

- **Norte** : Colinda con los cultivos de caña de azúcar,
- **Sur** : Colinda con la Empresa Agroindustrial Tumán,
- **Este** : Con la Avenida El Trabajo,
- **Oeste** : Con la Avenida Chongoyape.

### **2.1.2. Aguas Residuales**

Manifiesta que las aguas residuales pueden definirse como las aguas que provienen del sistema de abastecimiento de agua de una población después, de haber sido modificada por diversos usos en actividades domésticas, industriales comunitarias, siendo recogidas por la red de alcantarillado que las conducirá hacia un destino apropiado. **(Rolim ,2000).**

Las aguas residuales se definen como la combinación de líquidos y residuos sólidos, que provienen del sistema de abastecimiento de agua, después de haber sido modificadas por diversos usos de la actividad. **(Romero, 2002).**

### 2.1.3. Características de las Aguas Residuales

La composición de aguas residuales se refiere a los constituyentes físicos, químicos, biológicos presentes en estas, conocer la naturaleza del agua residual es esencial.

Según **Crites (1998)**, afirma que las aguas residuales poseen características físicas, químicas y biológicas y de un lugar varían dependiendo de factores como; consumo de agua potable, tipo de sistema de alcantarillado, presencia de desechos industriales, o de una mezcla, entre otros y es necesario considerar circunstancias tales como las variaciones diarias del caudal.

Las **aguas residuales domésticas**, son una combinación de líquidos o aguas portadoras de residuos procedentes de residencias, instituciones públicas así como de centros comerciales e industriales a las que eventualmente pueden agregarse aguas subterráneas superficiales y pluviales, por lo general no contienen sustancias peligrosas, pero si una elevada cantidad de agentes infecciosos y patógenos.

Las **aguas residuales industriales** dependen totalmente del tipo de actividad productiva que desarrolle la empresa, en ellas es importante evaluar, a parte del caudal y la cantidad de materia orgánica, la presencia de sustancias tóxicas como los metales pesados (**Tchobanoglous ,1996**),

Las **aguas superficiales** constituyen el aporte de la escorrentía superficial y las pluviales de las precipitaciones, por tanto el grado de contaminación de las aguas es considerable, ya que su fuente generadora y los vertidos urbanos son permanentes aunque hayan fluctuaciones horarias. (**Metcalf-Eddy ,1985**).

### 2.1.4. Clasificación de Aguas Residuales

De acuerdo a su origen, pueden ser clasificadas como:

**a. Aguas Residuales Domésticas:** Proviene de áreas residenciales y comerciales, incluidas las instituciones y zonas recreativas. (**Barba, 2002**)

- **Aguas Negras.**-Conformadas por las aguas escatológicas, presentando una alta concentración de materia orgánica y microorganismos.
- **Aguas Blancas.**- Son las que han sido empleadas para limpieza.

**b. Aguas Residuales Municipales:** Son aguas generadas por la población y son transportadas por el alcantarillado de una ciudad, contienen materia orgánica, nutriente y patógenos, etc.

**c. Aguas Residuales de Industria:** Son líquidos generados en los procesos industriales, dependiendo del tipo de industria.

- **Aguas Orgánicas.**- Constituidas por los resultantes de industrias de leche, alimentos, textiles, destilerías, etc. que presentan una alta concentración de materia orgánica y pueden ocasionar severa contaminación.
- **Aguas Tóxicas.**- Son el resultado de procesos industriales de productos químicos, metálicos, etc., que pueden ocasionar incluso daños de corrosión y alterar los tratamientos.
- **Aguas Inertes.**- Son residuos de industrias de cerámica, mármoles, aparatos de refrigeradoras, que producen obstrucciones por sedimentación y contaminación física.

**d. Agua de Infiltración:** Son las que penetran en el sistema de alcantarillado a través de los empalmes de las tuberías, paredes de las tuberías defectuosas, tuberías de inspección y limpieza.

**e. Aguas Pluviales:** Son aguas de lluvia que son descargadas en grandes cantidades sobre el suelo, parte de esta agua es drenada y otra escurre por la superficie, arrastrando arena, tierra, hojas, etc. (**Sainz, 2005**).

(Tabla 1)

### 2.1.5. Composición de Aguas Residuales

Las aguas residuales están constituidas en un elevado porcentaje (en peso) por agua, cerca del 99.9% y un 0.1% de sólidos suspendidos, de los cuales el 70% son orgánicos y el 30% son inorgánicos como arenas, sales y metales, siendo este 0.1% el que debe ser sometido a tratamiento en las PTARs (Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales)

La composición del agua residual está en función del uso y de la concentración de estos constituyentes, esta depende tanto de las características sociales y económicas de la población, así como del clima, la cultura y del uso del suelo entre otras, además está determinada por el caudal y por su fuente. **(Tabla 2)**

- **Composición de Aguas Residuales de Camal**

Las aguas residuales de los mataderos o camales constituyen un problema ambiental grave, poseen una elevada concentración de materia orgánica, tanto disuelta como en suspensión, que fundamentalmente está constituida por proteínas y sus productos de descomposición, como ácidos orgánicos volátiles, aminas y otros compuestos orgánicos nitrogenados, también tienen una concentración importante de grasas, que pueden interferir gravemente en su tratamiento biológico, así como una concentración variable de productos lignocelulósicos. Las características de las aguas residuales de matadero dependen de los siguientes factores:

- Tipo de animal sacrificado
- Grado de procesado; en particular de estómagos, rumen e intestinos (tripería) y de la posible elaboración de harinas (rendering-plant), por lo general el contenido de los estómagos y las mucosidades intestinales se incorpora a las aguas residuales **(Tritt y Schuchardt, 1992)**.
- Equipamiento de retención de líquidos y sólidos.
- Protocolo de limpieza y uso de agua.

**(Tabla 3)**

### 2.1.6. Parámetros de las Aguas Residuales

Por la variedad de componentes que presentan las aguas residuales pueden ser clasificados como: físicos, químicos y biológicos; para establecer principalmente las cargas orgánicas y de sólidos que transportan, seleccionar las operaciones y procesos de tratamiento que resultarán más eficaces y económicos. **(Seóanez, 2000)**. Las aguas residuales provenientes del procesamiento de los mataderos los parámetros importantes a evaluar son DBO<sub>5</sub>, DQO, pH, SST, Aceites y Grasas, Coliformes Totales y Fecales, Turbiedad, SDT, Color, Temperatura. **(Tabla 4)**

#### A.- Parámetros Físicos

Las principales características físicas de un agua residual son: turbidez, color, olor, temperatura, sólidos y conductividad.

- **Temperatura**

Es un parámetro muy importante porque afecta directamente las reacciones químicas y las velocidades de reacción, la vida acuática y la adecuación del agua para fines benéficos. **(Delgadillo et al., 2010)**, la temperatura del agua residual es por lo general mayor que la del agua para abastecimiento como consecuencia de la incorporación de agua caliente proveniente del uso doméstico e industrial.

- **pH**

Es un parámetro de gran importancia para determinar la calidad del agua residual, debido a que el rango en el cual se desarrollan los procesos de tratamiento biológicos del agua corresponde a un intervalo estrecho y crítico (5,5-9,5), aunque determinados microorganismos pueden vivir a valores más extremos de los indicados. **(López, 2011)**

- **Turbidez**

Es la propiedad óptica de una suspensión que hace que la luz sea remitida y no transmitida a través de la suspensión, puede ser ocasionada por una gran variedad de materiales en suspensión que varían en tamaño, desde dispersiones coloidales hasta partículas gruesas, entre otras arcillas, limo, materia orgánica e inorgánica finamente dividida, organismos planctónicos y microorganismos. **(Romero, 2002).**

- **Color**

El color en aguas residuales es causado por sólidos suspendidos, material coloidal y sustancias en solución, al cual se llama color aparente, mientras que el color causado por sustancias disueltas y coloidales se denomina color verdadero. **(Romero, 2002).**

En forma cualitativa, el color puede ser usado para estimar la condición general del agua residual, como:

- **Color café claro.** - El agua residual lleva aproximadamente 6 horas después de su descarga.
- **Color gris claro.** - Es característico de aguas que han sufrido algún grado de descomposición o que han permanecido un tiempo corto en sistemas de recolección.
- **Color gris oscuro o negro.** - Se trata en general de aguas sépticas que han sufrido una fuerte descomposición bacterial bajo condiciones anaerobias debido a la formación de varios sulfuros, en particular sulfuro ferroso (FeS). **(Delgadillo et al., 2010).**

- **Olor**

El olor se produce por desprendimiento de gases de la descomposición de la materia orgánica presente en el agua residual. Una característica del olor es que cantidades muy pequeñas de determinados compuestos pueden producir niveles elevados de olor;

así como las aguas residuales frescas no presentan olores desagradables, y mientras que el tiempo avanza el olor aumenta, por desprendimiento de gases como sulfhídrico o compuestos amoniacales por descomposición anaerobia. **(Sainz, 2005)**

- **Conductividad**

La conductividad del agua es una expresión numérica de su habilidad para transportar una corriente eléctrica, que depende de la concentración total de sustancias disueltas ionizadas en el agua y de la temperatura a la cual se haga la determinación. Por tanto, cualquier cambio en la cantidad de sustancias disueltas, en la movilidad de los iones disueltos y en su valencia, implica un cambio, por esta razón el valor de la conductividad se usa mucho en análisis de aguas para obtener un estimativo rápido del contenido de sólidos disueltos. **(Romero, 2002)**

## **B.- Parámetros Químicos**

Son con frecuencia clasificados en inorgánicos y orgánicos, entre los cuales se pueden mencionar:

- **Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO<sub>5</sub>)**

Se define como la cantidad de oxígeno que precisan los microorganismos, para la eliminación o degradación biológica de la materia orgánica biodegradable durante cinco días y a 20°C. La DBO puede medir la eficiencia de algunos procesos de tratamientos. **(López, 2011)**

Se mide en mg de O<sub>2</sub> /L y puede ser: DBO Total (DBOT), que es la que mide el oxígeno necesario para la oxidación total de la materia orgánica biodegradable y la DBO en cinco días (DBO<sub>5</sub>). **(Acosta, 2016)**

- **Demanda Química de Oxígeno (DQO)**

Es la cantidad de oxígeno necesario para la oxidación de la materia orgánica y algún compuesto inorgánico, por medio de reactivos químicos. La relación entre la DBO<sub>5</sub> y DQO siempre será menor que la unidad ( $DBO_5/DQO < 1$ ), debido a que la DQO oxida toda la materia orgánica y algunos compuestos inorgánicos, y la DBO solo la biodegradable. Se mide en mg de O<sub>2</sub>/L. y el análisis demora de 3 a 4 horas. **(López, 2011)**

- **Aceites y Grasas**

Aquellas sustancias poco solubles que, al ser inmiscibles con el agua, flotan formando natas, espumas y capas iridiscentes sobre el agua. En aguas residuales los aceites, las grasas son los principales lípidos de importancia, que pueden dificultar cualquier tipo de tratamiento físico o químico. No permiten el paso del oxígeno del agua a las células, ni la salida del CO<sub>2</sub> hacia la atmósfera, provocando una deficiencia en los procesos de tratamiento biológico anaeróbico. **(Romero, 2002).**

- **Sólidos**

El contenido de sólidos totales de un agua residual se define como toda materia sólida que permanece como residuo después de la evaporación o secado a 103°C. Los sólidos totales se clasifican como sólidos disueltos (residuo filtrante) y sólidos en suspensión (sedimentables). La determinación de sólidos suspendidos totales y sólidos suspendidos volátiles es importante para evaluar la concentración del agua residual y determinar la eficiencia de las unidades de tratamiento; el valor de sólidos sedimentables es básico para establecer la necesidad del diseño de tanques de sedimentación.



- **Alcalinidad**

Es la capacidad del agua de neutralizar ácidos, provocada principalmente por la presencia de hidróxidos, carbonatos y bicarbonatos. Normalmente, el agua residual es alcalina, propiedad que adquiere de las aguas de tratamiento, el agua subterránea, y los materiales añadidos en los usos domésticos. Es importante en aquellos casos en los que empleen tratamientos químicos porque reacciona con coagulantes hidrolizables (como sales de hierro y aluminio) durante el proceso de coagulación, y en la eliminación biológica de nutrientes. **(Vásquez et al. ,2013)**

- **Ácido Sulfhídrico**

Es un gas que se forma al descomponerse ciertas sustancias orgánicas e inorgánicas que contienen azufre en medios aerobios. El azufre es requerido en la síntesis de las proteínas y es liberado en su degradación. Su presencia se manifiesta fundamentalmente por los olores que produce, indicativo de su descomposición en azufre e hidrógeno, debido a que es poco estable al calor. **(Seoáñez, 2000).**

- **Detergentes**

Son productos químicos que se utilizan en grandes cantidades para la limpieza doméstica e industrial y que actúan como contaminantes al ser arrojados en las aguas residuales. El poder contaminante de los detergentes presenta problemas en los procesos de tratamiento biológicos puesto que las bacterias no pueden utilizar como alimentos, inhibiendo la actividad biológica. Además el uso intensivo va inhibiendo el proceso de la fotosíntesis en los vegetales acuáticos originando la muerte de la flora y la fauna acuática, contribuyendo también al incremento de la concentración de fósforo. **(Romero, 2002).**

- **Cloruros**

Los cloruros que se encuentran en el agua natural pueden tener diversas procedencias naturales: infiltración de aguas marinas, disolución de suelos y rocas que los contengan y que están en contacto con el agua. Una fuente de cloruros es la descarga de aguas residuales domésticas, agrícolas e industriales a aguas superficiales.

- **Nitrógeno**

Es esencial para el crecimiento de plantas y microorganismos, que junto con el fósforo constituyen los llamados nutrientes. Contribuyente especial para el agotamiento del oxígeno y la eutrofización de las aguas cuando se encuentra en elevadas concentraciones. Se encuentra en 4 formas básicas: nitrógeno orgánico, amonio, nitrito y nitrato. El nitrógeno presente en las aguas residuales frescas, se encuentra en forma de urea y compuestos proteínicos, pasando posteriormente a forma amoniacal por descomposición bacteriana, y a medida que el agua se estabiliza, se generan nitritos y nitratos por oxidación bacteriana en medio aerobio. **(Briceño et al., 2009)**

- **Fósforo**

Componente importante para el desarrollo de los microorganismos. Tanto el fósforo como el nitrógeno son esenciales para el crecimiento biológico. En el agua residual se encuentra en formas: ortofosfatos solubles, polifosfatos inorgánicos y fosfatos orgánicos, siendo más fácil de asimilar por los microorganismos el ortofosfato. La descarga tanto de fósforo como de nitrógeno debe ser controlada porque puede provocar un crecimiento excesivo de algas en las aguas receptoras, causando una disminución del oxígeno disuelto y, a largo plazo, serios problemas de contaminación. **(Briceño et al., 2009)**

### **C.- Parámetros Biológicos**

Las aguas residuales contienen gran número organismos vivos que son los que mantienen la actividad biológica. Los organismos pueden ser bacterias, hongos, algas, protozoos, gusanos, rotíferos, crustáceos y virus. Su número y desarrollo depende de parámetros como pH, temperatura, materia orgánica incorporada, existencia de oxígeno, disponibilidad de alimento y nutrientes, entre otros **(Seoáñez, 1998)**.

- **Indicador de Bacterias:**

- Coliformes Totales (CT),
- Coliformes Fecales (CF),

Son las bacterias de mayor presencia en los efluentes. El análisis de conteo de CT y CF puede realizarse en tubos de múltiple fermentación (número más probable, NMP) o por el método de membranas. **(Acosta, 2016)**.

En la actualidad se utiliza el grupo de Coliformes fecales especialmente para calificar sanitariamente la calidad del agua y su habitat natural es en el aparato digestivo del hombre y de animales de sangre caliente; por lo tanto, se encuentran en las heces de estos orígenes, pero también algunas pueden hallarse en el ambiente. **(Instituto de Salud Pública – PRT-712.03-005) (Tabla 5)**

#### **2.1.7. Identificación de Parámetros Físicos, Químicos y Microbiológicos**

Según el Decreto Supremo N° 004 – 2017-MINAM, se aprobó los Estándares Nacionales de Calidad Ambiental (ECA) para agua **(Tabla 5)**, que incluye las disposiciones del Decreto Supremo N°002-2008-MINAM, cuyo objetivo es establecer el nivel de concentración o el grado de elementos, sustancias o parámetros físicos, químicos y biológicos presentes en el agua, en su condición de cuerpo receptor y componente básico de los ecosistemas acuáticos, que no representa riesgo significativo para la salud de las personas ni para el ambiente. Además el D.S. 015-2015-MINAM también contempla a los ECA **(Tabla 6)**.

Estos estándares aprobados son aplicables a los cuerpos de agua del territorio nacional en su estado natural y son obligatorios en el diseño de las normas legales y las políticas públicas siendo un referente obligatorio en el diseño y aplicación de todos los instrumentos de gestión ambiental.

Los parámetros indicados en el ECA para agua, se encuentran considerados en **Categorías** según el uso, así tenemos:

- **CATEGORIA 1:** Para uso poblacional y recreacional.
- **CATEGORIA 2:** Para actividades Marino Costeras.
- **CATEGORIA 3:** Para riego de vegetales y bebida de animales.
- **CATEGORIA 4:** Para conservación del ambiente acuático.

Es importante diferenciar que los ECAS definen la buena calidad de los cuerpos de agua para el hombre y para el medio ambiente. En cambio, los Límites Máximos Permisibles (LMP) definen al grado de peligrosidad de los efluentes que son vertidos a las aguas superficiales receptoras, es por esta razón, que los LMP obedecen a otra regulación. **(Tabla 7)**

#### **2.1.8. Aguas de Regadío**

Consiste en el suministro de importantes cantidades de agua a los cultivos a través de diversos métodos de riego, de su disponibilidad depende la formación de nueva biomasa vegetal. Se obtiene de ríos, lagos o corrientes naturales, de pozos, de estaciones depuradoras de aguas residuales. La calidad del agua empleada en el regadío es fundamental para el rendimiento y cantidad de cultivos, mantenimiento de la tierra y protección del medioambiente. **(Poireé et al. 1997)**

#### **2.1.9. Plantas de Tallo Corto**

Son plantas cultivables o no, frecuentemente porte herbáceo, debido a su poca longitud de tallo alcanzan poca altura. Usualmente, las especies herbáceas de porte bajo tienen un sistema radicular difuso o fibroso, poco profundo (10 a 50 cm). Ejemplo: Hortalizas y verdura de tallo corto, como ajo, lechuga, fresas, col, repollo, apio y arveja, etc. **(D.S. 002 – 2008 - MINAM)**

### **2.1.10. Camal**

Los camales o mataderos son establecimientos dotados de infraestructuras e instalaciones completas con equipos y herramientas adecuadas para el sacrificio o faenado, manipulación, preparación y conservación de la carne bajo varias formas de manufactura, con el beneficio completo, racional y adecuado aprovechamiento de varios subproductos no aptos para el consumo humano. **(Sesa, 2007)**

- **Actividades de un Camal**

Las actividades que se realizan en un camal o matadero generan dos tipos de residuos con carga orgánica importante:

- Unos sólidos provenientes básicamente del despiece de los animales y formado por los restos no comerciales de los mismos, y
- Líquidos que proceden fundamentalmente del lavado de los animales y las instalaciones propias del camal. **(Navarro,1995)**

La finalidad de un camal es producir carne de manera higiénica, mediante manipulación humana de los animales en lo que respecta el empleo de técnicas higiénicas para su sacrificio y la preparación mediante un proceso de estrictas operaciones limpias y al mismo tiempo facilitar la inspección adecuada de la carne y el manejo apropiados de los desechos sólidos y líquidos resultantes del proceso de obtención de cárnicos. **(Sesa, 2007)**

- **Diagrama de Flujo de un Camal**

En los centros de beneficio o mataderos se realiza la actividad de faenamiento de ganado mayor y menor, la cual es considerada como un proceso productivo que pasa por etapas, de tal manera que para la obtención de carne para el consumo humano se basan en normas sanitarias.

- Diagrama de Flujo del Camal

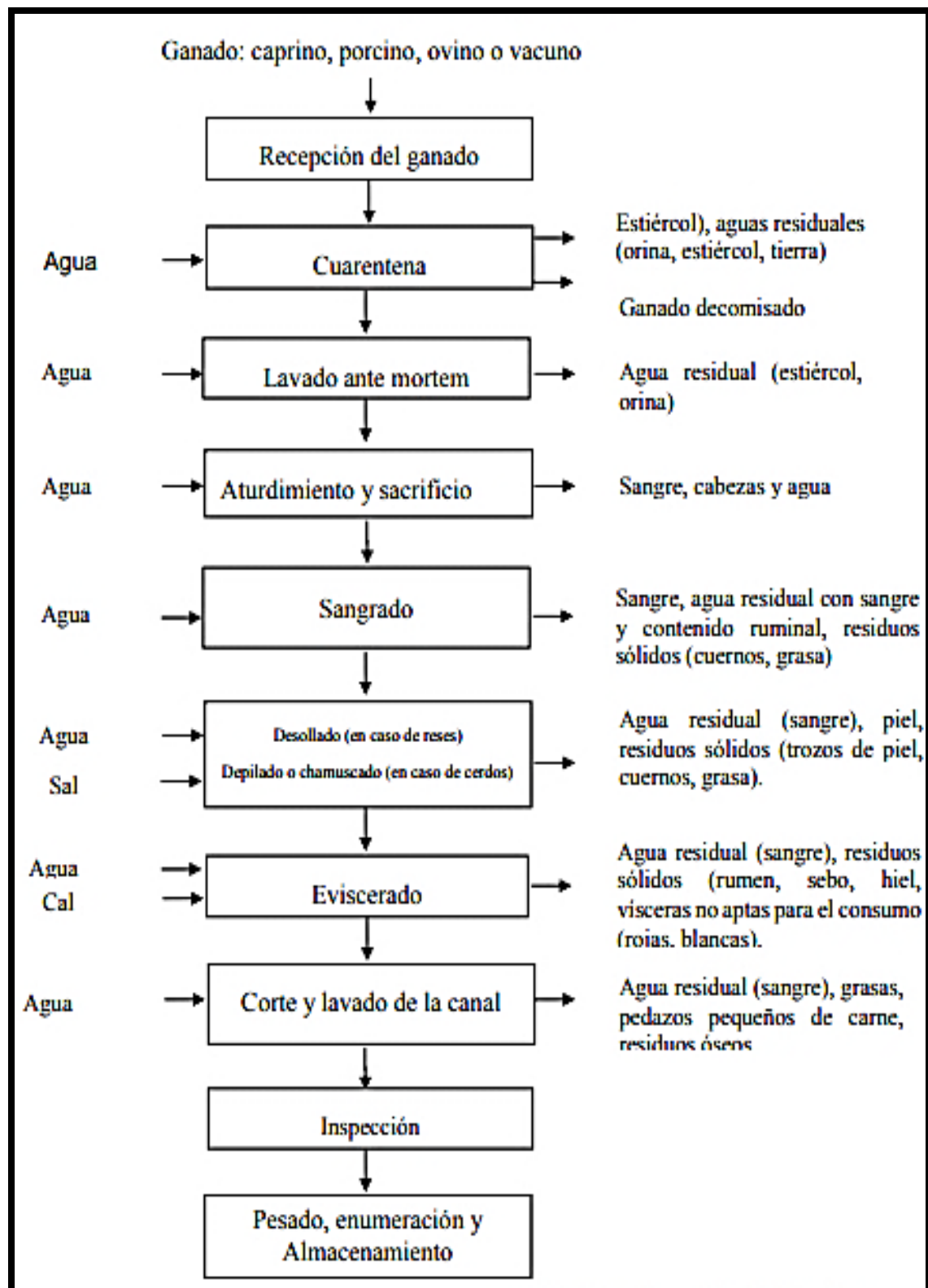


FIGURA N° 01: Diagrama de Flujo de Camales

- **Etapas de Proceso**

- 1. Recepción de los animales:** En esta etapa los animales se trasladan al corral de recepción y posteriormente al corral de descanso, donde son separados según el tipo de ganado.
- 2. Cuarentena:** Los animales permanecen en los corrales de espera por un período de 12 - 24 horas antes del sacrificio, con la finalidad de reducir el estrés generado por el viaje y el nivel de tensión en sus tejidos musculares, para evitar que la carne se contamine con toxinas. Durante la estadía no se les suministra alimento con el fin de reducir la generación del rumen y estiércol, sólo se les suministra agua. Todo animal destinado a la matanza debe ser sometido a una inspección ante mortem, donde es obligatorio realizar un examen cuidadoso de los animales vivos que ingresan a una playa de matanza. Se debe contar con instalaciones para el resguardo de animales sospechosos, hasta que el veterinario responsable autorice su matanza después de la verificación sanitaria previa al sacrificio, detectando el estado de salud de los animales, y que no presenten síntomas visibles que hagan sospechar la presencia de enfermedades, dictaminando el destino de cada uno: sacrificio o decomiso. Los animales pueden ser rechazados para el sacrificio por no contar con el peso requerido o pueden ser decomisados cuando se detecta algún problema de salud, en este caso, no son sacrificados y deberán ser incinerados.
- 3. Lavado:** Área donde ingresan a la playa de matanza, deben ser bañados con aspersores colocados en la rampa de ingreso, para limpiarlos y asegurar una buena sangría, lo que en lo posterior da mejor calidad y presentación al producto. Se recomienda que un operario, ubicado antes del ingreso a la playa, realice una inspección de la higiene de las patas de los animales y en caso necesario se las lave empleando una manguera con buena presión de agua asegurando el cumplimiento de las exigencias indicadas.

- 4. Aturdimiento y sacrificio:** El animal es conducido hasta el cuarto de matanza donde se efectúa el sacrificio. Este puede realizarse a través de una pistola de perno cautivo, pistola neumática que dispara un perno y perfora la piel y hueso frontal, tratando de no lesionar la masa cerebral, también se puede hacer a través de atronamiento eléctrico, utilizando una lanza como electrodo, o por medio del método del aturdimiento de puntilla, con este método el animal no sufre y permite una excelente sangría en el momento de ser degollado. El aturdimiento se debe realizar lo más rápido posible en un lapso recomendado de 3 a 5 minutos para mejorar el desangrado y proporcionar una carne baja en acidez.
- 5. Sangrado:** Esta operación se efectúa inmediatamente después del aturdimiento o muerte del animal, donde los materiales empleados deben ser resistentes y estar libres de óxidos y suciedad. Para el ganado mayor se utiliza un cuchillo para cortar la piel y seccionar los vasos sanguíneos, el cual es desinfectado entre cada animal. En esta etapa se requiere de suficiente agua para el lavado de las piezas cárnicas, se generan aguas residuales con sangre y contenido ruminal, y residuos sólidos (cuernos, grasa). La sangre, aporta muy significativamente, al incremento de la demanda química de oxígeno (DQO), por lo tanto, se debe evitar que se mezcle con el efluente.
- 6. Desollado (en caso de reses):** El desollado consiste en la separación de la piel que se encuentra adherida a lo largo de las regiones ventral y dorsal, la cual se retira en su totalidad con ayuda de procedimientos mecánicos o manuales. Este procedimiento se realiza cuidadosamente para evitar daños en la canal o que queden restos de carne en el cuero. El cuero es lavado con abundante agua, en caso de no ser trasladado a las curtiembres el mismo día, se almacena temporalmente en el depósito de cueros con abundante sal para la preservación de la piel.



- 7. Depilado o chamuscado (en caso de cerdos):** El depilado consiste en la eliminación de los pelos, de manera manual o utilizando un cuchillo bien afilado, raspadores o depiladoras. El chamuscado nos ayuda a eliminar el pelo restante de la etapa de depilado.
- 8. Eviscerado:** Etapa en donde se extraen los órganos digestivos, circulatorios, respiratorios y reproductivos. Durante el corte se debe evitar cortar los órganos digestivos para no contaminar la canal. Estos órganos internos, conocidos también como vísceras, se agrupan en dos categorías: vísceras rojas y blancas, se limpian en áreas separadas y al mismo ritmo de la faena o matanza se van recuperando especialmente aquellas vísceras que son comestibles. Las vísceras blancas pasan a una inspección para determinar su estado y designar su destino, aquellas que no cumplan con los requisitos serán rechazadas y desechadas como residuos.
- 9. División y lavado de canales:** Se realiza un corte a lo largo de la línea media dorsal, en dos medias canales utilizando una sierra eléctrica. Se limpian las carcasas de forma minuciosa empleando para ello agua a presión.
- 10. Evaluación post-mortem:** Se realiza para evaluar el estado en el que se encuentran los órganos del sistema linfático, vísceras rojas y blancas.
- 11. Pesado y enumeración:** se realiza el pesaje de las carcasas antes de ingresar a la sala de refrigeración, debe realizarse el marcado de las canales y sus partes con su respectivo número.

### **2.1.11. Tipos de Tratamientos de las aguas residuales**

La complejidad de los sistemas de tratamiento está en función de los objetivos que se establezca para el efluente resultante, teniendo en cuenta el gran número de operaciones y procesos disponibles para la depuración. **(Monzón et.al., 2001)**

#### **A. Pre tratamiento**

Su objetivo básico es retener las materias gruesas o visibles, los sólidos y grasas que arrastra el agua y que podrían, por su tamaño y características, entorpecer el normal funcionamiento de la planta de tratamiento **(López et.al., 2004)**. El vertido de estas materias al medio receptor produce un impacto fundamentalmente estético. Si pasan etapas posteriores de la línea de depuración se generan problemas y un deficiente funcionamiento de los procesos.

Estos tratamientos son destinados a preparar las aguas residuales para que puedan recibir tratamiento, sin perjudicar a los equipos mecánicos y sin obstruir tuberías.

##### **A.1. Rejas**

Son dispositivos contruidos por barreras metálicas con aberturas de tamaño uniforme, donde quedan retenidas las partículas gruesas del efluente. El paso libre entre barras, se recomienda sea de 50 a 100 mm para sólidos gruesos y de 12 a 20 mm para sólidos finos. Los principales parámetros de diseño son: tipo de residuo a tratar, flujo de descarga, paso libre entre barras, volumen de sólidos retenidos y pérdida de carga.

Existen 3 clases de rejas:

- a.** Rejas Sencillas de limpieza manual (Las más recomendadas)
- b.** Rejas mecanizadas
- c.** Militamices

## **A.2. Tamices**

Son colocados luego de las rejas, con aberturas menores para remover un porcentaje más alto de sólidos, con el fin de evitar atascamiento de tuberías, filtros biológicos, con una abertura máxima de 2.5 mm. Tienen una inclinación particular que deja correr el agua y hace deslizar los desechos por fuera de la malla, necesita un desnivel importante entre el punto de alimentación del agua y el de salida.

Estos elementos pueden sustituir en muchos casos los desbastes, pudiendo incluso eliminar arenas gruesas y hasta porcentajes del 30% en grasas.

## **A.3. Desengrasador o Trampa de grasas**

Consisten en un tanque rectangular donde por medio de flotación natural (densidad) o forzada, las partículas de grasa y aceite son transportadas a la superficie y luego removidas por medio de un desnatador. Estos deben propiciar una permanencia tranquila del agua residual durante el tiempo suficiente para que una partícula a ser removida pueda recorrer entre la trayectoria entre el fondo y la superficie. Son empleados cuando las aguas residuales contienen grandes cantidades de aceites y grasas.

Los líquidos, pastas y demás cuerpos no miscibles con el agua, pero tienen un peso específico menor y, por lo tanto, tienen tendencia a flotar en su superficie, pueden ser retenidos y eliminados de la línea de tratamiento por medio de dispositivos muy simples, como en el caso de caudales muy pequeños (trampas de grasa) o por medio de tanques más grandes dotados con sistemas de flotación y desnatado.

## **A.4. Desarenador**

Son unidades destinadas a retener arenas y otros detritos minerales inertes y pesados que se encuentren en las aguas residuales, estos materiales son originados de las operaciones de lavado. La remoción de arena, tiene como finalidad proteger las bombas contra el desgaste a fin de evitar obstrucciones de tuberías y para impedir la formación de depósitos

de material inerte en el interior de los sedimentadores y digestores. Existen diferentes tipos, los más comunes en el tratamiento son los de flujo horizontal y los aireados. **(OPS, 2015)**

## **B. Tratamiento Primario**

El objetivo es la reducción del material en suspensión, excepto material coloidal o sustancias disueltas presentes en el agua, turbidez y parte de la materia orgánica, también es airear el agua y sedimentar partículas más finas que vienen con el agua (polvo y tierra), por otro lado también cumple la función de enviar un caudal de agua constante a las demás unidades, es posible además la eliminación de una pequeña fracción de contaminación bacteriológica así, la remoción del tratamiento primario permite quitar entre el 60 a 65% de sólidos sedimentables y hasta un 30 a 35 % de sólidos suspendidos presentes en el agua residual. Igualmente, se puede conseguir una reducción de la contaminación bacteriológica. Estos tratamientos preparan las aguas residuales para su tratamiento biológico, eliminan ciertos contaminantes y reducen las variaciones del caudal y concentración de las aguas que llegan a la planta. Esta etapa se encarga de la remoción de parte de los sólidos pesados (arenilla) que trabaja únicamente con las fuerzas de la gravedad. **(Rigola ,1999)**

Los principales procesos utilizados en la depuración de cierta importancia de las aguas residuales se pueden clasificar como:

- Procesos de separación sólido – líquido:
  - Sedimentación o decantación primaria.
  - Flotación.
  - Proceso mixto (decantación – flotación).
- Procesos complementarios de mejora:
  - Floculación.
  - Coagulación (proceso físico – químico). **(Monzón et.al., 2001).**

### **B.1. Sedimentación**

El propósito principal es producir un líquido homogéneo capaz de ser tratado biológicamente y unos fangos o lodos que puede ser tratado separadamente. El agua residual se pasa a través de grandes tanques circulares o rectangulares de 3 a 5 m de profundidad, con un periodo de retención de 2 a 3 horas, estos tanques son comúnmente llamados Clarificadores Primarios, que son suficientemente grandes, tal que los sólidos fecales pueden situarse y el material flotante como grasa y plásticos pueden levantarse hacia la superficie y desnatarse. La remoción de partículas en suspensión en el agua puede conseguirse por sedimentación o filtración, de allí que ambos procesos se consideren como complementarios. Remueve las partículas más densas, mientras que la filtración remueve aquellas partículas que tienen una densidad muy cercana a la del agua o que han sido resuspendidas y, por lo tanto, no pudieron ser removidas en el proceso anterior.

Es un fenómeno netamente físico y constituye uno de los procesos más utilizados en el tratamiento del agua para conseguir su clarificación.

### **B.2. Flotación**

Se emplea para la separación de sólidos o líquidos de una fase líquida, esta separación se consigue introduciendo finas burbujas de gas, normalmente aire en la fase líquida, las burbujas se adhieren a las partículas y a la fuerza ascensional que experimenta el conjunto partícula-burbuja de aire hacen que suban hasta la superficie del líquido, de esta manera es posible hacer ascender a la superficie, partículas cuya densidad es mayor que la del líquido. Se utiliza para remover sólidos suspendidos y grasas remanentes; tienen mayor eficiencia que las rejillas y las trampas. La eficiencia se puede aumentar agregando floculantes químicos (aluminio, sales de hierro, etc.). El lodo de la flotación tiene un alto contenido de proteínas y grasas y puede ser usado para alimento de animales, después de pasteurizarlo o ser procesada en una planta recuperadora.

### **B.3. Precipitación Química**

Este proceso implica la mezcla de químicos con el agua residual con el propósito de mejorar la formación y asentamiento del floc. Los químicos utilizados comúnmente incluyen sales de aluminio (Sulfato de aluminio), sales de hierro o cal. Puede ser capaz de producir un efluente que es casi equivalente al tratamiento secundario y puede eliminar huevos de helmintos a un nivel aceptable, lo que reduciría significativamente los riesgos para la salud. También puede dar como resultados una eliminación de DBO<sub>5</sub> en un 50% a 60 % o incluso más comparado o incluso más comparado con un 40% logrado con proceso de sedimentación.

La remoción de sólidos es aún más significativa, incrementándose la eficiencia de un 50% a un rango de 70% a 85% cuando se emplean químicos, este nivel de eliminación de sólidos suspendidos es cercano al alcanzado por las plantas de tratamiento secundario de menor eficiencia. Normalmente este proceso es seguido de filtración y desinfección. (Saravia et.al., 1996)

### **B.4. Coagulación - Floculación**

Una forma de mejorar la eficacia de todos los sistemas de eliminación de materia en suspensión es la adición de ciertos reactivos químicos, que en primer lugar, desestabilicen la suspensión coloidal (coagulación) y a continuación favorezcan la floculación de las mismas para obtener partículas fácilmente sedimentables. Habitualmente se utilizan sales con cationes de alta relación carga/masa junto con polielectrolitos orgánicos, cuyo objetivo también debe ser favorecer la floculación.

### **B.5. Tecnologías de Membranas**

Se utilizan no solamente para eliminar parte de la materia orgánica de los efluentes generados en los mataderos sino que también permite la recuperación de sustancias reaprovechables actualmente desechadas y la reutilización del agua. Sin embargo, es una tecnología demasiado costosa como método de tratamiento de efluentes y sólo será un procedimiento

competitivo o complementario a los sistemas de tratamientos convencionales, cuando el terreno sea escaso y costoso, existan sustancias orgánicas valiosas recuperables en las corrientes o se precise reticular el agua en el proceso. Dependiendo del tamaño de partícula a filtrar, se puede utilizar la técnica de osmosis inversa, ultrafiltración, micro filtración y filtración.

### **C. Tratamiento Secundario**

Esta etapa se efectúa cuando a pesar del tratamiento primario las aguas negras tienen más sólidos en suspensión, su descomposición depende de organismos aeróbicos o anaeróbicos.

El propósito es la eliminación de la materia orgánica biodegradable presente en los residuos líquidos. Consiste en la oxidación biológica de los sólidos suspendidos, remanentes y de los sólidos orgánicos disueltos, medida como una reducción en la  $DBO_5$  del efluente en un 90% (**Seoáñez, 2000**). Para escoger un sistema de tratamiento secundario, dependerá de un gran número de factores, entre los que podemos mencionar requerimientos de efluente (estándares de descarga), sistema de pre tratamiento escogido, la disponibilidad del terreno, regulaciones ambientales locales y factibilidad económica de una planta de proceso. Entre los procesos más utilizados tenemos los: lodos activados, filtros percolados, lagunas de estabilización y aireadas, así como el tratamiento biológico empleando oxígeno puro y el tratamiento anaeróbico. (**Crites et al., 2000**).

#### **C.1. Filtros Percoladores**

Los filtros percoladores consisten en un lecho formado por un medio sumamente permeable al que se adhieren los microorganismos, que degradan la materia orgánica, y a través del cual percola el agua residual. El medio filtrante suele estar formado por piedras o diferentes materiales plásticos. En las capas externas la degradación es por vía aerobia, mientras que cerca de la superficie del medio filtrante se crea un ambiente anaerobio por el espesor de la película.

## **C.2. Sistemas Biológicos rotativos de contacto (RBC- Biodiscos)**

Consiste en una serie de discos circulares de plástico, situados sobre un eje central perpendicular de corta distancia uno del otro. Los discos están parcialmente sumergidos en el efluente y giran lentamente en el seno de la misma. De esta manera, los microorganismos responsables del tratamiento se adhieren a la superficie del disco hasta formar una película biológica, que se pone en contacto, de forma alternativa, con la materia orgánica y con la atmósfera, permitiendo la transferencia de oxígeno. Los sólidos desprendidos de los discos pueden ser transportados a un sedimentador primario.

## **C.3. Lodos Activados**

El proceso consiste en introducir el agua en un reactor donde se mantiene en suspensión una masa activa de microorganismos, capaz de estabilizar la materia orgánica por vía aerobia. Después de haber removido la materia orgánica presente en el agua residual, ésta es llevada a un sedimentador en el cual se lleva a cabo la separación de la biomasa desde el líquido, una parte de las células sedimentadas es recirculada para mantener la concentración deseada de organismos en el reactor. El ambiente aerobio se consigue mediante el uso de difusores o aireadores mecánicos, que también sirven para mantener el líquido en estado de mezcla completa.

## **C.4. Lagunas de Estabilización**

Son grandes estanques de retención, generalmente con diques de tierra usados para contener las aguas residuales mientras se produce la sedimentación o degradación biológica; se suelen clasificar según su naturaleza del proceso biológico que en ellas se lleva a cabo en: anaerobias, aerobias, facultativas y de maduración.



- **Lagunas anaeróbicas**

Utilizadas para la estabilización de lodos, residuos industriales y residuos orgánicos diluidos, en este proceso se produce la descomposición de la materia orgánica e inorgánica en ausencia de oxígeno. **(Sans, 1999)**. Aplicable en pequeña, mediana y gran escala

Este tipo de tratamiento requiere poco espacio, tiene un bajo costo de operación, emite olores desagradables y genera biogás, que puede ser reutilizado en el proceso productivo o comercializado.

- **Lagunas aeróbicas**

El proceso básico es proporcionar un medio de alto contenido de oxígeno para que los organismos puedan degradar la porción orgánica de los desechos, son más profundas y pueden alcanzar un mayor nivel de remoción de  $\text{DBO}_5$  en menos espacio, sin embargo requieren un periodo mínimo de detención de 10 días para controlar con seguridad los huevos de helmintos. Todos los métodos de tratamiento aeróbico existentes pueden ser aplicados a los efluentes de la industria cárnica: lodos activados, lagunas aireadas, filtros de goteo.

- **Lagunas facultativas**

Con la mejor aceptación requiere largos periodos de retención para que se lleven a cabo los procesos naturales de oxidación y reducción. Los estanques son dispuestos en unidades en serie y en paralelo, tienen una profundidad de 1.5 a 2 metros con una capa superficial aeróbica y una capa anaeróbica en el fondo. La aireación se realiza a través de la fotosíntesis con algas que crecen en la superficie para que realicen su trabajo. Los problemas típicos son la sobrepoblación de algas y de cortocircuitos hidráulicos, o cuando los tanques se llenan de lodo y deben ser drenados, limpiados y renovados, todo esto paraliza la operación de uno o más estanques por un tiempo de 2 a 5 meses, originando la disminución de la capacidad del sistema.

### C.5. Reactores Anaeróbicos

Consisten en un tanque cerrado con un agitador donde tiene una entrada para el agua residual a tratar y dos salidas, una para el biogás generado y otra para la salida del efluente. Este efluente se lleva a un decantador donde es recirculada la biomasa de la parte inferior del decantador al reactor, para evitar la pérdida de la misma. Los principales problemas que presentan radican en la necesidad de recircular los lodos del decantador y de una buena sedimentación de los mismos

### D. Tratamiento Terciario

Consisten en procesos físicos y químicos especiales con los que se consigue aumentar la calidad del efluente al estándar requerido antes de que éste sea descargado al ambiente receptor (río, lago, mar, campo, etc.), a la limpiar las aguas de contaminantes. Es un tipo de tratamiento más caro que los anteriores y se usa en casos más especiales como por ejemplo para purificar desechos de algunas industrias. Se emplea para mejorar el efluente del tratamiento biológico secundario, de modo que se pueda aplicarse al riego de áreas agrícolas, zonas verdes, crianza de peces y otras actividades productivas. **(Morales, 2003)**. En esta etapa se elimina contaminantes orgánicos, nutrientes como iones de fosfato y nitrato o cualquier exceso de sales minerales. Se pretende que el agua sea lo más pura posible para ello se realiza lo siguiente: Micro filtración, coagulación y precipitación, absorción de carbón activo, el intercambio iónico, osmosis inversa, electrodiálisis, remoción de nutrientes, cloración y ozonización.

Las sustancias o compuestos comúnmente removidos son:

- Fosfatos y nitratos.
- Huevos y quistes de parásitos.
- Sustancias tenso activas.
- Algas.
- Bacterias y virus (desinfección).
- Sólidos

Más de un proceso terciario del tratamiento puede ser usado en una planta de tratamiento. Si la desinfección se practica siempre en el proceso final, es siempre llamada pulir el efluente, **entre** los procesos terciarios podemos citar:

- **Filtración**

La filtración de arena remueve gran parte de los residuos de materia suspendida. El carbón activado sobrante de la filtración remueve las toxinas residuales.

- **Lagunaje**

El tratamiento de lagunas proporciona el establecimiento necesario y fomenta la mejora biológica de almacenaje en charcos o lagunas artificiales. Se trata de una imitación de los procesos de autodepuración que somete un río o un lago al agua residual de forma natural. Estas lagunas son altamente aerobias y la colonización por los macrophytes nativos, especialmente cañas, se dan a menudo. Los invertebrados de alimentación del filtro pequeño tales como Daphnia y especies de Rotífera asisten grandemente al tratamiento removiendo partículas finas. El sistema de lagunaje es barato y fácil de mantener pero presenta los inconvenientes de necesitar gran cantidad de espacio y de ser poco capaz para depurar las aguas de grandes núcleos.

- **Desinfección**

El propósito de la desinfección en el tratamiento de las aguas residuales es reducir substancialmente el número de organismos vivos en el agua que se descargará nuevamente dentro del ambiente. La efectividad de la desinfección depende de la calidad del agua que es tratada (por ejemplo: turbiedad, pH, etc.), del tipo de desinfección que es utilizada, de la dosis de desinfectante (concentración y tiempo), y de otras variables ambientales.

- **La desinfección con cloro**, sigue siendo la más común, debido a su bajo historial de costo y del largo plazo de la eficacia. Una desventaja es que la desinfección con cloro puede generar compuestos orgánicamente clorados que pueden dañinos al ambiente. Las clorinas o las “cloraminas” residuales pueden también ser capaces de tratar el material con cloro orgánico en el ambiente acuático natural.
  
- **La luz ultravioleta (UV)**, se está convirtiendo en el medio más común de la desinfección debido a las preocupaciones por los impactos de la clorina en el tratamiento de aguas residuales y en la clorinación orgánica en aguas receptoras. La radiación UV se utiliza para dañar la estructura genética de las bacterias, virus, y otros patógenos, haciéndolos incapaces de la reproducción. Las desventajas dominantes de la desinfección UV son la necesidad del mantenimiento y del reemplazo frecuentes de la lámpara y la necesidad de un efluente altamente tratado para asegurarse de que los organismos objetivo no estén blindados de la radiación UV (es decir, cualquier sólido presente en el efluente tratado puede proteger microorganismos contra la luz UV).
  
- **El ozono  $O_3$** , el ozono es muy inestable y reactivo, y oxida la mayoría del material orgánico con que entra en contacto, de tal manera que destruye muchos microorganismos causantes de enfermedades. La ozonización también produce pocos subproductos de la desinfección que la desinfección con cloro. Una desventaja de la desinfección con ozono es el alto costo del equipo de la generación del ozono y que las habilidades de los operadores deben ser demasiadas.

**(Tabla 8)**

Además los procesos de tratamiento de esta categoría están conformados por procesos físicos, químicos y biológicos, así tenemos:

- **Procesos Físicos**

Son todos aquellos en los que se emplean las fuerzas físicas para el tratamiento, en general, las operaciones físicas se emplean durante todo el proceso del tratamiento de las aguas residuales, aunque algunas son casi exclusivamente operaciones de pre tratamiento (desbaste, dilaceración y homogenización de caudales).

Los principales procesos físicos son los siguientes:

- Desbaste
- Dilaceración
- Floculación
- Sedimentación
- Flotación
- Filtración

- **Procesos Químicos**

Son todos aquellos procesos en los que la eliminación de los contaminantes del agua residual se lleva a cabo mediante la adición de reactivos químicos o bien mediante las propiedades químicas de diversos compuestos, estos procesos se utilizan en la depuración de aguas junto a operaciones físicas y procesos biológicos.

Los principales procesos químicos son los siguientes:

- Precipitación química
- Transferencia de gases
- Adsorción
- Desinfección
- Desinfección con cloro
- Ozono
- Intercambio iónico
- Ósmosis inversa

- **Procesos Biológicos**

Este tratamiento se puede realizar en todo tipo de aguas y es generalmente un tratamiento secundario, tiene como misión la coagulación y eliminación de sólidos coloidales no sedimentables en la decantación primaria así como la estabilización de la materia orgánica. Se consigue biológicamente utilizando una variedad de microorganismos principalmente bacterias. Este proceso consiste únicamente en transformar los nutrientes en tejido celular y diversos gases; cuya separación de los tejidos celulares se dará por sedimentación y decantación. Los procesos de tratamiento biológicos más utilizados son: procesos aerobios, anóxicos, anaerobios etc. **(Tabla 9)**

**Tabla 1 Clasificación de las aguas residuales**

<b>TIPOS DE AGUAS RESIDUALES</b>		
<b>TIPOS DE AGUA</b>	<b>DEFINICION</b>	<b>CARACTERISTICAS</b>
<b>Agua residual doméstica</b>	Producidas en las diferentes actividades al interior de las viviendas, colegios, etc.	Los contaminantes están presentes en moderadas concentraciones
<b>Agua residual municipal</b>	Son transportados por el alcantarillado de una ciudad o población	Contiene materia orgánica, nutrientes y patógenos, etc.
<b>Agua residual industrial</b>	Las resultantes de las descargas de industrias	Su contenido depende del tipo de industria Y/o procesos industriales
<b>Agua negra</b>	Contiene orina y heces	Alto contenido de nutrientes, patógenos, hormonas y residuos farmacéuticos
<b>Agua amarilla</b>	Es la orina transportada con o sin agua	Alto contenido de nutrientes, hormonas y alta concentración de sales
<b>Agua café</b>	Agua con pequeña cantidad de heces y orina	Alto contenido de nutrientes, patógenos, hormonas y residuos
<b>Agua gris</b>	Provenientes de lavamanos, duchas, lavadoras	Tienen pocos nutrientes y agentes patógenos, por el contrario presentan máxima carga de productos y detergentes

Fuente: Romero, 2001.

**Tabla 2 Composición general de aguas residuales**

<b>CONSTITUYENTE</b>	<b>CONCENTRACIÓN mg/l</b>		
	<b>Alto</b>	<b>Medio</b>	<b>Bajo</b>
<b>Sólidos Totales</b>	1200	700	350
<b>Disuelto</b>	850	500	250
<b>Fijos</b>	525	300	145
<b>Volátiles</b>	325	200	105
<b>En suspensión</b>	350	200	100
<b>Fijos</b>	75	50	30
<b>Volátiles</b>	275	150	70
<b>Sólidos Sedimentables ml/l-h</b>	20	10	5
<b>DBO (5 días , 20°C)</b>	300	200	100
<b>DQO</b>	570	380	190
<b>Nitrógeno Total (como N)</b>	85	40	20
<b>Orgánico (como N)</b>	35	15	8
<b>Amoniacal (como N)</b>	50	25	12
<b>Fósforo Total (como P)</b>	20	10	6
<b>Cloruros (Cl)</b>	100	50	30
<b>Alcalinidad (como Ca CO<sub>2</sub>)</b>	200	100	50
<b>Grasas</b>	150	100	50
<b>Calcio (como Ca)</b>	110	50	10
<b>Magnesio (como Mg)</b>	10	9	8
<b>Sodio (como Na)</b>	100	50	23

Fuente: Metcalf y Eddy .1995. Ingeniería de Aguas Residuales



**Tabla 3 Composición de aguas residuales de un matadero según  
STECHER Y RUPRECHT**

Sustancias sedimentables , ml/l	10	Alcalinidad , ml ácido /l	7
Ph 7 Grasa , mg/l	108	Nitrógeno (N) , mg/	145
Sustancias no disueltas , mg/l	580	Pentóxido de fósforo , mg/l	19
Sólidos fijos , mg/l	81	Óxido de Potasio , mg/l	29
Sólidos Volátiles mg/l	498	Óxido de Calcio , mg/l	131
Sustancias Disueltas , mg/l	1206	Consumo de KMnO <sub>4</sub> , mg/l	154
Sólidos Fijos , mg/l	272	DBO <sub>5</sub> , mg/l	838

Fuente: Centro Panamericano de Ing. y Ciencias del Ambiente, Cepis, Lima, Perú, 1991

**Tabla 4 Clasificación de parámetros de calidad de aguas residuales**

GRUPOS	PARÁMETROS
<b>Parámetros de medición en campo</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Ph, Temperatura , Conductividad, Oxígeno disuelto</li> </ul>
<b>Parámetros determinados en laboratorio</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Físicos:</b> Turbiedad, Sólidos totales y sólidos suspendidos.</li> <li>• <b>Iones principales:</b> (Nitratos, Sulfato, Fosfatos, cianuro WAD y Libre, cloruros, nitritos, dureza total y cálcica, alcalinidad).</li> <li>• <b>Metales:</b> (Ba, Cd, Cr, Pb, Zn, Mn, Fe, Cu, Hg y As).</li> </ul>
<b>Parámetros Biológicos</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Coliformes Totales.</li> <li>• Coliformes Termotolerantes</li> <li>• Fitoplancton</li> <li>• Parásitos.</li> </ul>
<b>Parámetros Orgánicos (dependerá de las actividades y usos que tenga el cuerpo de agua)</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Aceites y grasas.</li> <li>• Hidrocarburos totales de petróleo.</li> <li>• DBO<sub>5</sub></li> </ul>

Fuente: DIGESA 2007

**Tabla 5 Estándares Nacionales de Calidad Ambiental del Agua**  
**Categoría 3: Riego de vegetales y bebidas de animales D.S. 015 -2015 –**  
**MINAM**

ECA AGUA CATEGORIA 3			
PARÁMETROS	UNIDAD DE MEDIDA	PARÁMETROS PARA RIEGO DE VEGETALES	PARÁMETROS PARA BEBIDAS DE ANIMALES
		D1: RIEGO DE CULTIVOS DE TALLO ALTO Y BAJO	D2: BEBIDAS DE ANIMALES
FÍSISCO Y QUÍMICOS			
Potencial de hidrógeno	Unidad de pH	6.5 - 8.5	6.5 - 8.4
Color(b)	Color verdadero escala Pt/Co	100 (a)	100 (a)
Conductividad	(uS/cm)	2 500	5 000
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO <sub>5</sub> )	mg/l	15	15
Demanda Química de Oxígeno (DQO)	mg/l	40	40
Aceites y grasas	mg/l	5	
Nitratos (NO <sub>3</sub> -N)+ Nitritos (NO <sub>2</sub> -N)	mg/l	100	100
Nitritos (NO <sub>2</sub> -N)	mg/l	10	10
Oxígeno Disuelto (valor mínimo)	mg/l	4	5
Temperatura	°C	Δ3	Δ3
MICROBIOLÓGICOS Y PARASITOLÓGICOS			
Coliformes Termotolerantes (44.5°C)	NMP/100 ml	1000	1000
Coliformes Totales (35 -37°C)	NMP/100 ml	1000	5000

Fuente : D.S. 015 -2015 – MINAM

Δ3: Variación de 3 grados Celsius respecto al promedio mensual multianual del área evaluada

(a) : 100 (Para aguas claras). Sin cambio anormal (aguas con coloración normal)

(b): Después de la filtración simple.

**Tabla 6 Estándares Nacionales de Calidad Ambiental del Agua Categoría 3:  
Riego de Vegetales y Bebidas de Animales D.S. N° 004-2017 MINAM**

Parámetros	Unidad de medida	D1: Riego de vegetales		D2: Bebida de animales
		Agua para riego no restringido (c)	Agua para riego restringido	Bebidas de animales
FÍSISCO Y QUÍMICOS				
Temperatura	°C	Δ3		Δ3
Potencial de hidrógeno	Unidad de Ph	6.5 - 8.5		6.5 - 8.4
Color	Color verdadero escala Pt/Co	100 (a)		100 (a)
Conductividad	(uS/cm)	2500		50000
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO)	mg/l	15		15
Demanda Química de Oxígeno (DQO)	mg/l	40		40
Aceites y grasas	mg/l	5		
Nitritos, Nitratos	mg/l	100		100
Oxígeno Disuelto (valor mínimo)	mg/	≥4		≥5
MICROBIOLÓGICOS Y PARASITOLÓGICOS				
Coliformes	NMP/100 ml	1000	2000	1000
Termotolerantes				

Fuente: Decreto Supremo N° 004-2017- MINAM

**Tabla 7 Categorías para ECA – D.S. N°004-2017-MINAM**

<b>Categoría</b>	<b>Descripción</b>	<b>Subcategoría</b>	<b>Descripción</b>
<b>Categoría 1</b> <b>Subcategoría A</b>	Aguas superficiales destinadas a la producción de agua potable	A1	Agua que puede ser potabilizada con desinfección
		A2	Agua que puede ser potabilizada con tratamiento convencional
		A3	Agua que puede ser potabilizada con tratamiento avanzado
<b>Categoría 1</b> <b>Subcategoría B</b>	Aguas superficiales destinadas para recreación	B1	Contacto primario
		B2	Contacto secundario
<b>Categoría 2:</b> <b>Extracción , cultivo y otras actividades marino costeras y continentales</b>	Agua de mar	C1	Extracción ,cultivo de moluscos , equinodermos y tunicados en aguas marino costeras
		C2	Extracción y cultivo de otras especies hidrobiológicas en aguas marino costeras
		C3	Actividades marino portuarias , industriales o de saneamiento en aguas marino costeras
	Agua continental	C4	Extracción y cultivo de especies hidrobiológicas en lagos o lagunas
<b>Categoría 3:</b> <b>Riego de vegetales y bebida de animales</b>	Riego de vegetales	D1	Agua para riego no restringido Agua para riego restringido
	Bebida de animales	D2	Bebida de animales
<b>Categoría 4</b> Conservación del Ambiente Acuático		E1	Lagunas y lagos
		E2: Ríos	Ríos de costa y sierra
			Ríos de selva
		E3: Ecosistemas costeros y marinos	Estuarios Marinos

Fuente: Decreto Supremo N°004-2017 – MINAM

**Tabla 8 Tipos de tratamiento para aguas residuales**

TRATAMIENTO	DESCRIPCIÓN	REMOCIÓN (%)					
		DBO <sub>5</sub>	DQO	SST	A-G	CT	CF
<b>PRELIMINAR</b>							
	Cribado fino	5-10	5-10	5-20	5-20	-	-
Remueve material sólidos suspendidos gruesos y arenas	Desengrasador	20-35	15-22	10-35	10-15	-	-
	Desarenador	-	-	20-45	-	-	-
<b>PRIMARIO</b>							
	Sedimentación	25-40	30-45	40-80	15-50	30-50	20-40
Remueve sólidos orgánicos e inorgánicos sedimentables, DBO para disminuir la carga orgánica.	Flotación	30-45	30-45	70-90	>90	-	-
	Precipitación Química	50-85	60-70	70-90	-	-	-
	Coagulación - Floculación	70-80	70-80	90-95	>95	-	-
<b>SECUNDARIO</b>							
	Percoladores	75-95	50-80	70-90	-	10-20	10-15
Procesos biológicos con una eficacia de remoción de DBO soluble mayor a 80%	Reactor Biológico	80-95	80-90	90-95	30-80	30-50	25-40
	Lodos Activados	80-95	80-95	80-90	85-95	70-90	70-90
Remover materia orgánica soluble y suspendida, eliminar patógenos y otros contaminantes.	Lagunas Estabilización	70-90	60-80	70	-	-	-
	Anaeróbicas	60-90	60-70	85-95			
	Aeróbicas	80-90	60-70	85-95			
	Facultativas	85-95	60-70	85-95			
<b>TERCIARIO</b>							
Remueve sólidos suspendidos a través de microfiltración además en este nivel se remueven	Carbón Activado	70-90	60-75	80-90			
	Cloración	45-65	55-80	-	-	99	99

Fuente : Tchobanoglous et.al(2003), NP OS 090

**Tabla 9 Procesos Físicos – Químicos y Biológicos**

PROCESOS		
FÍSICOS	QUÍMICOS	BIOLÓGICOS
Aquellos que emplean fuerzas físicas para el tratamiento.	La eliminación de los contaminantes se realiza mediante la adición de reactivos químicos.	Es un tratamiento secundario, tiene como misión la coagulación y eliminación de sólidos coloidales.
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Desbaste</li> <li>• Dilaceración</li> <li>• Evaporación</li> <li>• Homogenización de caudales</li> <li>• Mezclado</li> <li>• Floculación</li> <li>• Sedimentación</li> <li>• Flotación</li> <li>• Filtración</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Precipitación Química</li> <li>• Transferencia de gases</li> <li>• Separación de amonio por arrastre</li> <li>• Adsorción</li> <li>• Desinfección</li> <li>• Desinfección con cloro</li> <li>• Ozono</li> <li>• Decloración</li> <li>• Intercambio iónico</li> <li>• Ósmosis Inversa</li> <li>• Ultrafiltración</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Procesos Aerobios</li> <li>• Procesos Anóxicos</li> <li>• Procesos Anaerobios</li> <li>• Procesos Facultativos</li> </ul>

Fuente: Elaboración Propia, basada en Sans (1999)

## **2.2. MARCO LEGAL**

- **Constitución Política del Perú 1993**

**Título I : De la Persona y de la Sociedad**

**Capítulo I : Derechos Fundamentales de la Persona**

**Art. 2° .-** A la paz, a la tranquilidad, al disfrute del tiempo libre y al descanso, así como a gozar de un ambiente equilibrado y adecuado al desarrollo de su vida.

- **Ley General del Ambiente - Ley N° 28611**

**Art. I.- Del Derecho y Deber fundamental.**

Toda persona tiene el derecho irrenunciable a vivir en un ambiente saludable, equilibrado y adecuado para el pleno desarrollo de la vida, y el deber de contribuir a una efectiva gestión ambiental y de proteger el ambiente así como sus componentes, asegurando particularmente la salud de las personas en forma individual y colectiva, la conservación de la diversidad biológica, el aprovechamiento sostenible de los recursos naturales y el desarrollo sostenible del país.

**Art. IX.- Del principio de Responsabilidad Ambiental**

El causante de la degradación del ambiente y de sus componentes, sea una persona natural o jurídica, pública o privada, está obligado a adoptar las medidas para su restauración, rehabilitación o reparación según corresponda o, cuando lo anterior no fuera posible, a compensar en términos ambientales los daños generados sin perjuicio de otras responsabilidades administrativas, civiles o penales a que hubiera lugar.

**Título II : De los Sujetos de la Gestión Ambiental**

**Art. 74°.- De la Responsabilidad General**

Todo titular de operaciones es responsable por las emisiones, efluentes, descargas y demás impactos negativos que se generen sobre el ambiente, la salud y los recursos naturales, como consecuencia de sus actividades. Esta responsabilidad incluye los riesgos y daños ambientales que se generen por acción u omisión.

### **Art. 75°.- Del Manejo Integral y Prevención en la fuente**

**75.1.-** El titular de operaciones debe adoptar prioritariamente medidas de prevención del riesgo y daño ambiental en la fuente generadora de los mismos, así como las demás medidas de conservación y protección ambiental que corresponda, bajo el concepto de ciclo de vida de los bienes que produzca o los servicios que provea, de conformidad con los principios establecidos en el Título Preliminar de la presente Ley y las demás normas legales vigentes.

### **Art. 120°.- De la Protección de la Calidad de las Aguas**

**120.2.-** El Estado promueve el tratamiento de las aguas residuales con fines de su reutilización, considerando como premisa la obtención de la calidad necesaria para su reúso, sin afectar la salud humana, el ambiente o las actividades en las que se reutilizarán.

### **Art. 121°.- Del Vertimiento de Aguas Residuales**

El Estado emite en base a la capacidad de carga de los cuerpos receptores, una autorización previa para el vertimiento de aguas residuales domésticas, industriales o de cualquier otra actividad desarrollada por personas naturales o jurídicas, siempre que dicho vertimiento no cause deterioro de la calidad de las aguas como cuerpo receptor, ni se afecte su reutilización para otros fines, de acuerdo a lo establecido en los ECA y las normas legales vigentes.

### **Art. 122°.- Del tratamiento de Residuos Líquidos**

**122.3.-** Las empresas o entidades que desarrollan actividades extractivas, productivas, de comercialización u otras que generen aguas residuales o servidas, son responsables de su tratamiento, a fin de reducir sus niveles de contaminación hasta niveles compatibles con los LMP, los ECA y otros estándares establecidos en instrumentos de gestión ambiental, de conformidad con las normas legales vigentes. El manejo de las aguas residuales de origen industrial puede ser efectuado directamente por el generador, a través de terceros debidamente autorizados a o a través de las entidades responsables .



- **Ley de Recursos Hídricos – Ley N° 29338**

**Art. 75°.- Protección del Agua**

La Autoridad Nacional, con opinión del Consejo de Cuenca, debe velar por la protección del agua, que incluye la conservación y protección de sus fuentes, de los ecosistemas y de los bienes naturales asociados a ésta en el marco de la Ley y demás normas aplicables. Para dicho fin, puede coordinar con las instituciones públicas competentes y los diferentes usuarios. La Autoridad Nacional, a través del Consejo de Cuenca correspondiente, ejerce funciones de vigilancia y fiscalización con el fin de prevenir y combatir los efectos de la contaminación del mar, ríos y lagos en lo que le corresponda. Puede coordinar, para tal efecto, con los sectores de la administración pública, los gobiernos regionales y los gobiernos locales.

**Art. 79°.- Vertimiento de Agua Residual**

Vertimiento de agua residual La Autoridad Nacional del Agua autoriza el vertimiento del agua residual tratada a un cuerpo natural de agua continental o marítima sobre la base del cumplimiento de los ECA-Agua y los LMP. Queda prohibido el vertimiento directo o indirecto de agua residual sin dicha autorización. En caso de que el vertimiento del agua residual tratada pueda afectar la calidad del cuerpo receptor, la vida acuática según los estándares de calidad establecidos la Autoridad Nacional del Agua debe disponer las medidas adicionales que hagan desaparecer o disminuyan el riesgo de la calidad del agua, que puedan incluir tecnologías superiores, pudiendo inclusive suspender las autorizaciones que se hubieran otorgado al efecto. En caso de que el vertimiento afecte la salud o modo de vida de la población local, la Autoridad Nacional del Agua suspende inmediatamente las autorizaciones otorgadas. Corresponde a la autoridad sectorial competente la autorización y el control de las descargas de agua residual a los sistemas de drenaje urbano o alcantarillado.”.

### **Art. 82°.- Reutilización de Agua Residual**

La Autoridad Nacional, a través del Consejo de Cuenca, autoriza el reúso del agua residual tratada, según el fin para el que se destine la misma, en coordinación con la autoridad sectorial competente y, cuando corresponda, con la Autoridad Ambiental Nacional. El titular de una licencia de uso de agua está facultado para reutilizar el agua residual que genere siempre que se trate de los mismos fines para los cuales fue otorgada la licencia. Para actividades distintas, se requiere autorización.

- **Decreto Supremo N° 002 - 2008 – MINAM**

Aprueban los Estándares Nacionales de Calidad Ambiental para Agua, contenidos en el **Anexo I**, con el objetivo de establecer el nivel de concentración o el grado de elementos, sustancias o parámetros físicos, químicos y biológicos presentes en el agua, en su condición de cuerpo receptor y componente básico de los ecosistemas acuáticos, que no representa riesgo significativo para la salud de las personas ni para el ambiente.

- **Norma Técnica S.090 Reglamento Nacional de Edificaciones- Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales**

El objetivo principal es normar el desarrollo de proyectos de tratamiento de aguas residuales en los niveles preliminar, básico y definitivo; además están relacionadas con las instalaciones que requieren una planta de tratamiento de aguas residuales municipales y los procesos que deben experimentar las aguas residuales antes de su descarga al cuerpo receptor o a su reutilización.

- **Código del Medio Ambiente y de los Recursos Naturales, D.L. N° 613**

**Capítulo IV : De las Medidas de Seguridad**

**Art. 14°.-** Prohibición de descargar sustancias Contaminantes que provoquen degradación de los ecosistemas o alteren la calidad del ambiente.

**Art. 15°.-** Prohibición de verter o emitir residuos sólidos, líquidos o gaseosos que alteren las aguas en proporción capaz de hacer peligrosa su utilización.

**Art. 111°.-** Fomento de la Reutilización de aguas residuales con buenos fines, cuando éstas recuperen los niveles cualitativos que exige la autoridad.

- **Decreto Supremo 2009 - MINAM**

Aprueba Límites Máximos Permisibles (LMP) para Efluentes de Actividades Agroindustriales tales como Planta de Camales y Plantas de Beneficio, con el objetivo de mitigar los efectos negativos en el ambiente, particularmente, la contaminación de los cuerpos de agua, así como los riesgos a la salud de la población.

- **Decreto Supremo N° 031-2010-S.A. - Aprueban Reglamento de la Calidad del Agua para Consumo Humano**

El presente Reglamento establece las disposiciones generales con relación a la gestión de la calidad del agua para consumo humano, con la finalidad de garantizar su inocuidad, prevenir los factores de riesgos sanitarios, así como proteger y promover la salud y bienestar de la población, de tal manera que lo que dicte el Ministerio de Salud son de obligatorio cumplimiento para toda persona natural o jurídica, pública o privada, dentro del territorio nacional, que tenga responsabilidad de acuerdo a ley o participe o intervenga en cualquiera de las actividades de gestión, administración, operación, mantenimiento, control, supervisión o fiscalización del abastecimiento del agua para consumo humano desde la fuente hasta su consumo.

- **D.S. N° 001-2010-AG, Reglamento de la Ley de Recursos Hídricos**

**Art. 147°.- Reúso de Agua Residual**

Para efectos del Reglamento se entiende por reuso de agua residual a la utilización de las aguas tratadas resultantes de las actividades antropogénicas.

- **Decreto Supremo N° 003-2010-MINAM**

**Art. 1°.-** Aprueba Límites Máximos Permisibles (LMP) para los efluentes de Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales Domésticas o Municipales (PTAR)

**Art. 3°.-** Cumplimiento de los Límites Máximos Permisibles de Efluentes de PTAR

- **Resolución Jefatural N° 274 - 2010 - ANA - PAVER**

Dicta medidas para la implementación del Programa de Adecuación de Vertimiento y Reúso de Agua Residual – PAVER.

- **Resolución Jefatural N° 224- 2013- ANA - Reglamento de Vertimiento y Reúso de Aguas Residuales Tratadas**

**Título II : Autorización de Reúso de Aguas Residuales Tratadas.**

**Art. 12°.- Reúso de Aguas Residuales Tratadas**

**12.1.** El titular de un derecho de uso de agua está facultado para reutilizar las aguas residuales que genere siempre que se trate del mismo fin para el cual le fue otorgado dicho derecho. En este caso carece de objeto tramitar un pronunciamiento expreso de la Autoridad Nacional del Agua.

**12.2.** Para actividades distintas se requiere autorización de reúso de aguas residuales tratadas.

**12.3.** Se podrá autorizar el reúso de aguas residuales tratadas a persona distinta del titular del sistema de tratamiento, para lo cual se deberá presentar la conformidad de éste y la factibilidad de interconexión de la infraestructura para el reúso.

**Art.13°.-Condiciones para autorizar el reúso de aguas residuales tratadas**

La Autoridad Nacional del Agua podrá autorizar el reúso de aguas residuales tratadas únicamente cuando:

- a. Las aguas residuales sean sometidas a un tratamiento previo que permita el cumplimiento de los parámetros de calidad establecidos por la autoridad.
- b. Se cuente con la aprobación del instrumento de gestión ambiental del reúso de aguas residuales tratadas. Cuando el solicitante es persona distinta al titular del sistema de tratamiento de aguas residuales bastará con presentar la certificación ambiental otorgada al titular del sistema de tratamiento.
- c. No se ponga en peligro la salud humana, el normal desarrollo de la flora y fauna o se afecte a otros usos.
- d. Se cuente con el derecho de uso de agua correspondiente para el desarrollo de la actividad generadora de aguas residuales a reutilizar.

**Art. 14°.- Criterio para evaluar la calidad del agua para reúso**

De conformidad con el artículo 150° del Reglamento de la Ley de Recursos Hídricos, las solicitudes de autorización de reúso de aguas residuales tratadas serán evaluadas tomándose en cuenta los valores que establezca el sector correspondiente a la actividad a la cual se destinará el reúso del agua o, en su defecto, las guías correspondientes de la Organización Mundial de la Salud.

**Art. 15°.- Reúso de aguas residuales tratadas a través de infraestructura hidráulica de regadío**

Para el reúso de aguas residuales tratadas a través de infraestructura hidráulica de regadío, la solicitud de autorización deberá ser acompañada, además de los requisitos señalados en el artículo 20° numeral 20.3 del presente reglamento, de la opinión favorable del operador a cargo de dicha infraestructura hidráulica, considerando el reúso de la totalidad del volumen de aguas residuales tratadas.

**Art. 16°.- Control de la calidad de agua para reúso.**

El administrado deberá realizar el control de la calidad del agua para reúso, conforme a lo establecido en la respectiva resolución de otorgamiento, sin perjuicio de lo dispuesto en el artículo 152° del Reglamento de la Ley

- **Decreto Supremo N° 015-2015-MINAM**

Modifican los Estándares Nacionales de Calidad Ambiental para agua, que fueron aprobados por el D.S. N° 002-2018- MINAM

- **Decreto Supremo N° 004-2017-MINAM ; compila el Decreto Supremo N°002-2008 – MINAM , Decreto Supremo N° 023-2009 – MINAM , DECRETO SUPREMO N° 015 -2009 – MINAM**

**Art. 2°.- Aprobación de los Estándares de Calidad Ambiental para Agua**

Apruébese los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para Agua, que como Anexo forman parte integrante del presente Decreto Supremo.

**Art. 3°.-** Categorías de los Estándares de Calidad Ambiental para Agua para la aplicación de los ECA para Agua se debe considerar las precisiones sobre sus categorías.

- **Ley General de Salud – Ley N° 26842**

**Capítulo VIII:** De la Promoción del Ambiente para la Salud

**Art. 107°.-** El abastecimiento de agua, alcantarillado, disposición de excretas, reúso de aguas servidas y disposición de residuos sólidos quedan sujetos a las disposiciones que dicta la autoridad de salud competente, la que vigilara su cumplimiento.

## **2.3. DEFINICIÓN DE TERMINOS BÁSICOS**

- **Agua Residual**

Se consideran Aguas Residuales a los líquidos que han sido utilizados en las actividades diarias de una ciudad (domésticas, comerciales, industriales y de servicios) (**Romero, J. 2002**)

- **Agua Residual Tratada**

Las Aguas Residuales son conducidas a una Planta de Tratamiento de Aguas Residuales (PTAR) donde se realiza la remoción de los contaminantes, a través de métodos biológicos o fisicoquímicos. La salida (efluente) del sistema de tratamiento es conocida como Aguas Residuales tratadas.

- **Faenamiento**

Es el proceso ordenado sanitariamente para el sacrificio de un animal, con el objeto de obtener su carne en condiciones óptimas para el consumo humano. El faenamiento se debe llevar a cabo siguiendo las normas técnicas y sanitarias. Es una cadena de secuencias que van desde la recepción de las diferentes especies animales hasta el despacho de los productos obtenidos.

- **Camal**

Se entiende por Mataderos o Camales, al establecimiento dotado de instalaciones completas y equipo mecánico adecuado para el sacrificio, manipulación, elaboración, preparación y conservación de las especies de carnicerías bajo varias formas, con aprovechamiento completo, racional y adecuado de los subproductos no comestibles **(Sesa, 2007)**.

- **Calidad del Agua**

Conjunto de características del agua que pueden afectar su adaptabilidad a un uso específico, la relación entre esta calidad del agua y las necesidades del usuario **(Mendoza, 1996)**; también por su contenido de sólidos y gases, ya sea que estén presentes en suspensión o en solución. **(Caballero, 1990)**.

- **Contaminación Ambiental**

Es la presencia en el ambiente de cualquier agente físico, químico o en su caso biológico o también una combinación de varios agente en diversos lugares como concentraciones que pudieran ser nocivos para la salud, la seguridad o en su caso para el bienestar de la población, o bien, en su caso pueden ser peligrosas para la vida vegetal o animal que habita en la tierra.

- **Desechos**

Son subproductos residuales que sobran, provenientes de procesos naturales o actividades sociales, que para su propietario no tiene valor ninguno.

- **Efluente**

Fluido residual que puede contener sustancias peligrosas

- **Efluente Contaminado**

Toda descarga líquida que contenga cualquier forma de materia orgánica y/o inorgánica, que no cumpla los límites establecidos.

- **Emisión**

Descarga directa o indirecta a la atmósfera de cualquier sustancia en cualquiera de sus estados físicos, o descarga de energía en distintas formas.

- **Evisceración**

Es la remoción de los órganos respiratorios, pulmonar y digestivo de los animales.

- **Tratamiento**

Conjunto de operaciones encaminadas a la transformación de los residuos o al aprovechamiento de los recursos contenidos en ellos.

- **Estándar Nacional de Calidad Ambiental para Agua (ECA – Agua )**

Nivel de concentración o grado de elementos, sustancias o parámetros físicos, químicos y biológicos presentes en el agua, en su condición de cuerpo receptor, que no presenta riesgo significativo para la salud de las personas ni para el ambiente. Los estándares aprobados son aplicables a los cuerpos de agua del territorio nacional en su estado natural y son obligatorios en el diseño de las normas legales y políticas públicas, siendo referente en el diseño y aplicación de todos los instrumentos de gestión ambiental.

- **Límite Máximo Permisible (LMP)**

Medida de concentración o del grado de elementos, sustancias o parámetros físicos, químicos y biológicos que caracterizan a un efluente o una emisión, que al ser excedida causa o puede causar daños a la salud, al bienestar humano y al ambiente.

Su determinación corresponde al Ministerio del Ambiente. Su cumplimiento es exigible legalmente por el Ministerio del Ambiente y los organismos que conforman el Sistema Nacional de Gestión Ambiental.



### III. MATERIALES Y MÉTODOS

#### 3.1. POBLACIÓN Y MUESTRA EN ESTUDIO

- **Población:** Estará constituida por los Efluentes de los diferentes ambientes del camal municipal, cisterna, canaletas de transporte, grifos abastecedores de agua, tubos de desfogue, y acequia.
- **Muestra en estudio:** Constituida por Agua Residual de los diferentes (5) puntos críticos que se evaluarán. **(Tabla 10)**

**Tabla 10 Identificación de Puntos Críticos a evaluar**

PUNTOS CRITICOS	DESCRIPCIÓN
Punto M1	Agua de Cisterna Externa
Punto M2	Agua de Procesamiento (Grifos )
Punto M3	Canaleta Interna
Punto M4	Tubo Desfogue 1° (Vacunos)
Punto M5	Tubo Desfogue 2° (Porcinos)

Fuente: Elaboración Propia

### **3.2. MÉTODOS, TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS**

La metodología utilizada se basó en la evaluación de las diferentes características del agua residual producto del faenamiento que se realiza en el Camal Municipal del distrito de Tumán, para así establecer un adecuado tratamiento procurando que las descargas líquidas cumplan con los parámetros establecidos de acuerdo a ley y que permita su reutilización, en tal sentido se procedió de la siguiente manera:

- Se hizo el reconocimiento de la zona y alrededores.
- Se verificaron las instalaciones.
- Se seleccionaron los puntos críticos a evaluar.
- Se aplicaron técnicas para conocer el caudal de las aguas.
- Se procedió a un muestreo simple, debido a que la muestra de agua residual fue tomada en puntos determinados, siendo estas muestras representativas, siguiendo un protocolo según los métodos estándares a utilizar para el análisis físico químico y microbiológico respectivo.

El fin de este muestreo es identificar cuáles son las características de los efluentes y poder tener un conocimiento de la cantidad de materia orgánica presente en estas aguas (Aceites y Grasas, DBO<sub>5</sub>, DQO, SST, Coliformes totales y fecales).

### 3.2.1. MÉTODOS

Para los análisis respectivos de las aguas residuales del camal Municipal y poder caracterizarlas se utilizaron diferentes métodos. (Tabla 11)

**Tabla 11: Metodología de Análisis Aguas residuales Camal Municipal Tumán**

PARÁMETROS	UNIDAD	METODOLOGÍA DE ANALISIS	CÓDIGO
<b>Ph</b>	Unidad	Standard Methods or the examination of water and waste water. APHA–AWWA – WEF 21Th Edition 2005	4500H+B
<b>Conductividad</b>	us/cm	Standard Methods or the examination of water and waste water. APHA–AWWA – WEF 21Th Edition 2005	2510B
<b>Turbidez</b>	NTU	Standard Methods or the examination of water and waste water. APHA–AWWA – WEF 21Th Edition 2005	2130
<b>Sólidos Suspendidos Totales</b>	mg/L	Standard Methods or the examination of water and waste water. APHA–AWWA – WEF Total Suspended Solids Dried .21Th Edition 2005	2540D
<b>Demanda Bioquímica de Oxígeno – DBO</b>	mg/L	Standard Methods or the examination of water and waste water. APHA–AWWA – WEF Day BOD Test. 21Th Edition 2005.	5210B
<b>Demanda Química de Oxígeno – DQO</b>	mg/L	Standard Methods or the examination of water and waste water. APHA–AWWA – WEF Closed Reflux, Colorimetric Method.21Th Edition 2005.	5220D
<b>Aceites y Grasas</b>	mg/L	Standard Methods or the examination of water and waste water. APHA–AWWA – WEF 21Th Edition 2005	5520D
<b>Coliformes Totales</b>	NMP/100ml	Standard Methods or the examination of water and waste water. APHA–AWWA – WEF Fecal Coliform Membrane Filter Procedure. 21Th Edition 2005	9222D
<b>Coliformes Fecales (Termotolerantes)</b>	NMP/100ml	Standard Methods or the examination of water and waste water. APHA–AWWA – WEF Standard Total Coliform Membrane Filter Procedure. 21Th Edition 2005	9222B

Fuente: Elaboración propia, basado en Métodos Normalizados para análisis de aguas potables y residuales. APHA–AWWA – WEF.21Th .Edición 2005

### **3.2.2. TÉCNICAS**

Las técnicas a utilizar en la toma de muestras tienen una gran importancia, debido a la necesidad de verificar la precisión, exactitud y representatividad de los datos que resulten de los análisis, de tal manera para garantizar dicha acción confiable se tuvieron en cuenta ciertos criterios como :

#### **A. Diseño del Plan de Muestreo**

Para poder realizar las tomas de muestras para el presente estudio, se contó con el apoyo del personal que labora en el Camal Municipal del distrito de Tumán, el cual brindó las facilidades y proporcionó la información necesaria, lo que permitió ordenar las labores de campo, referidas a las actividades como:

- Identificación de la zona en estudio.
- Verificación de la accesibilidad a los puntos de muestreo.
- Horario de faenamiento.
- Ubicación de los puntos a evaluar.
- Capacidad y Volumen de faenamiento.
- Dotación y consumo diario de agua.
- Lista de Verificación de los materiales a utilizar.

#### **B. Muestreo**

El éxito en la toma de muestras de aguas, depende en gran parte de las precauciones que se tengan en la toma de las mismas y la manera de conservación de los componentes presentes en la muestra original para cada uno de los parámetros que se requiere investigar, sin que haya ocurrido cambios significativos en su composición antes de ser analizados, de tal manera que se logre con el objetivo de demostrar que si cumplen o no con la legislación ambiental vigente.

Para el muestreo fue importante garantizar la representatividad de las muestras y la seguridad de los resultados, por lo que se tuvo en cuenta lo siguiente:

- Se verificó los equipos e instrumentos a utilizar.
- El material de los frascos o recipientes de muestreo fue de plástico y vidrio según como lo requirió el parámetro.
- Se recolectó el suficiente volumen de muestras en estudio.
- Se tuvo en cuenta el método de preservación para cada una de las muestras hasta el momento de los análisis.
- Se tomaron las precauciones en cuanto a la manipulación y muestreo (cuidado integridad física).

Asimismo para la toma de muestra se tendrá en cuenta las recomendaciones propuestas por **DIGESA en el 2007**.

- **Codificación, Recolección y Traslado de Muestras:**

Para la toma de las muestras se procedió primero a rotular los envases con sus etiquetas respectivas, indicando número de muestra, código de punto de muestreo, fecha, hora y lugar de ubicación del muestreo.

Las muestras serán recolectadas de forma manual en frascos de boca ancha tapa rosca estériles; transportadas en cajas térmicas (cooler) a una temperatura de 4°C disponiendo para ello Ice pack e inmediatamente trasladarlas al Laboratorio donde se ejecutarán las pruebas.

**(Anexo 03)**

### 3.2.3. MATERIALES E INSTRUMENTOS

<b>BIOLÓGICO</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Aguas de Proceso</li> <li>• Efluentes de los diferentes puntos críticos</li> </ul>	
<b>VIDRIO</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Frascos estériles vidrio y plástico con tapa rosca ,boca ancha</li> <li>• Pipetas de 1 ml y 5 ml.</li> <li>• Tubos de dilución 16 x 100</li> <li>• Campanas de Durham.</li> <li>• Matraz Erlenmeyer de 500 ml</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Baguetas.</li> <li>• Probetas.</li> <li>• Cápsulas o crisoles</li> <li>• Cono Imhoff</li> <li>• Pera de Decantación</li> <li>• Vasos de precipitación</li> </ul>
<b>OTROS</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Asa microbiológica.</li> <li>• Gradilla metálica.</li> <li>• Algodón.</li> <li>• Pabilo.</li> <li>• Guantes</li> <li>• Mascarillas.</li> <li>• Gorros descartables</li> <li>• Cintas de pH.</li> <li>• Mechero de Bunsen.</li> <li>• Pinzas</li> <li>• Nefelómetro Mac Farland Nº 0.5.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Balanza Analítica</li> <li>• Soporte Universal</li> <li>• Papel filtro</li> <li>• Geles fríos</li> <li>• Etiquetas para rotular</li> <li>• Marcador</li> <li>• Cuaderno de apuntes</li> <li>• Cuerda</li> <li>• Termo para cadena de frío</li> <li>• Mandil o guardapolvo</li> <li>• Balón de gas</li> </ul>
<b>MEDIOS CULTIVO</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Caldo Brilla (Caldo Verde Brillante Bilis) (MERCK)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Caldo Lauril Sulfato. (MERCK)</li> </ul>
<b>EQUIPOS</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Horno esterilizador.</li> <li>• Estufa.</li> <li>• Microscopio binocular.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Refrigeradora</li> <li>• Balanza digital</li> </ul>

Fuente; Elaboración propia

### **3.3. PROCESAMIENTO DE DATOS Y ANÁLISIS ESTADISTICO**

Para el análisis de datos se utilizó el criterio del análisis descriptivo, a través del cual se pudo obtener resúmenes de las observaciones obtenidas según las variables a lo largo de la realización de este proyecto.

Asimismo la información fue procesada y evaluada a través de programas informáticos como “Excel” para la elaboración y selección de la base de datos, tablas y figuras etc.

## IV. RESULTADOS

Esta investigación acerca de las alternativas de tratamiento de las aguas residuales del Camal Municipal del distrito de Tumbán se llevó a cabo teniendo en cuenta un diseño de plan operacional elaborado por la autora , cumpliendo las pautas que enmarcan la metodología y técnicas antes descritas , de tal manera que se pudo contar con el apoyo del personal que labora en dicho centro de faenamiento, el cual brindó las facilidades y proporcionó la información necesaria, lo que permitió ordenar las labores de campo , por lo tanto a continuación se describirá los resultados obtenidos

### 4.1. DESCRIPCIÓN DEL OPERADOR DE LA ACTIVIDAD

- **Razón social** : Camal Municipal Tumbán
- **Domicilio legal** : Av. Enrique Ferreyros N° 1 – Distrito Tumbán
- **Domicilio real** : Sector Campo Garboza – Sector Camal S/N
- **Actividad** : Faenado de ganado mayor y menor
- **Horario de trabajo** : Lunes a Sábado
  - **Personal Administrativo** : 12:00 m - 7:00 pm
  - **Personal Limpieza** : 6:00 am - 6:00 pm
  - **Personal Vigilancia** : 6:00 am - 6:00 pm

(Anexo 4)

#### 4.1.1. Organización

El Camal Municipal de Tumbán para cumplir diariamente con la faena se encuentra organizado de la siguiente manera:

- **Personal Administrativo** : - Médico Veterinario (1)  
- Administrativos (2)
- **Personal Limpieza** : 1 persona
- **Personal Vigilancia** : 2 personas
- **Personal de Faena** : 5 personas
- **Personal auxiliar** : 5 personas



#### 4.1.2. Infraestructura

Al realizar la visita correspondiente a las instalaciones del camal municipal de Tumbán, se pudo obtener información por parte del personal administrativo que allí labora, indicando lo siguiente: **(Figura N° 02)**

- **Área:** El Camal Municipal cuenta con un área de 2 053.722 m<sup>2</sup>.

Tiene una antigüedad de 80 años aproximadamente, cuyas estructuras están hechas de material noble (zona de oreo, faenado, menudencia, cocina y estercolera) y de abobe (zona de encierro).

Por razones de calidad e higiene, todas las infraestructuras de las áreas de trabajo están cubiertas con mayólica blanca, tanto paredes como mesas de proceso y lavaderos, la cual hace fácil la limpieza continua, evitando así la contaminación de la carne y menudencia procesada.

**(Anexo 5)**

- **Distribución del área administrativa :** Está distribuido de la siguiente manera :

- Oficina Administrativa
- Servicios Higiénicos
- Servicio Guardianía

- **Distribución del área de trabajo :** Está distribuido de la siguiente manera : **(Anexo 6)**

- Zona de oreo
- Zona de faenado
- Zona de menudencia
- Zona de cocina
- Zona estercolera
- Zona de encierro

#### **4.1.3. Abastecimiento de Agua**

El agua es el insumo fundamental en esta actividad, ya que se requiere para las labores de limpieza del ganado mayor y menor, lavado de vísceras, lavado de utensilios, limpieza de las instalaciones y otros usos.

La dotación de agua que utiliza el Camal Municipal proviene de una cisterna anillada en cemento de un volumen de 8 m<sup>3</sup>, ubicada en la parte exterior de la infraestructura, además cuenta también con 1 tanque elevado de agua de capacidad de 5 000 L (5 m<sup>3</sup>), cuyo llenado es 2 veces al día, haciendo un total de 10 000 L/día (5 m<sup>3</sup>/día dos veces).**(Figura N° 03)**

#### **4.1.4. Desagüe y Residuos Sólidos**

Actualmente el desagüe y la red de alcantarillado del Camal Municipal del distrito de Tumán se encuentran en pésimas condiciones, de tal manera que genera importantes problemas sanitarios, porque las aguas residuales originadas propias de la actividad y de las otras instalaciones son vertidas de manera directa a la acequia cercana.

Los residuos sólidos generados entre ellos:

- Cueros o piel : Son llevados por los mismos propietarios
- Sangre : Sólo una parte es recolectada
- Rumen y contenidos intestinales son vertidos juntamente con las aguas que fluyen a la acequia.
- Estiércol de corrales son recogidos y llevados por el recolector municipal.

La gran mayoría de los residuos sólidos generados no son aprovechados

**Figura N° 02: Infraestructura Camal Municipal Tumán**



**Zona Faenado**



**Zona Estercolera**



**Zona Encierro**



**Zona Cocina**

**Figura N° 03: Cisterna y Tanque Elevado de almacenamiento de agua**



## 4.2. DESCRIPCIÓN DE LA ACTIVIDAD

El Camal Municipal del distrito de Tumán brinda el servicio de faenado de ganado mayor (vacuno) y ganado menor (porcino, ovino y caprino), cuya procedencia de estos animales son del mismo distrito y de sus alrededores, en tal sentido es que se describe a continuación las fases del proceso analizando de esta manera cómo se originan las aguas residuales del beneficiado y cuáles son los contaminantes que se generan a lo largo de este proceso para poder determinar las alternativas adecuadas de tratamiento de las aguas residuales.

### 4.2.1. Fases del Proceso

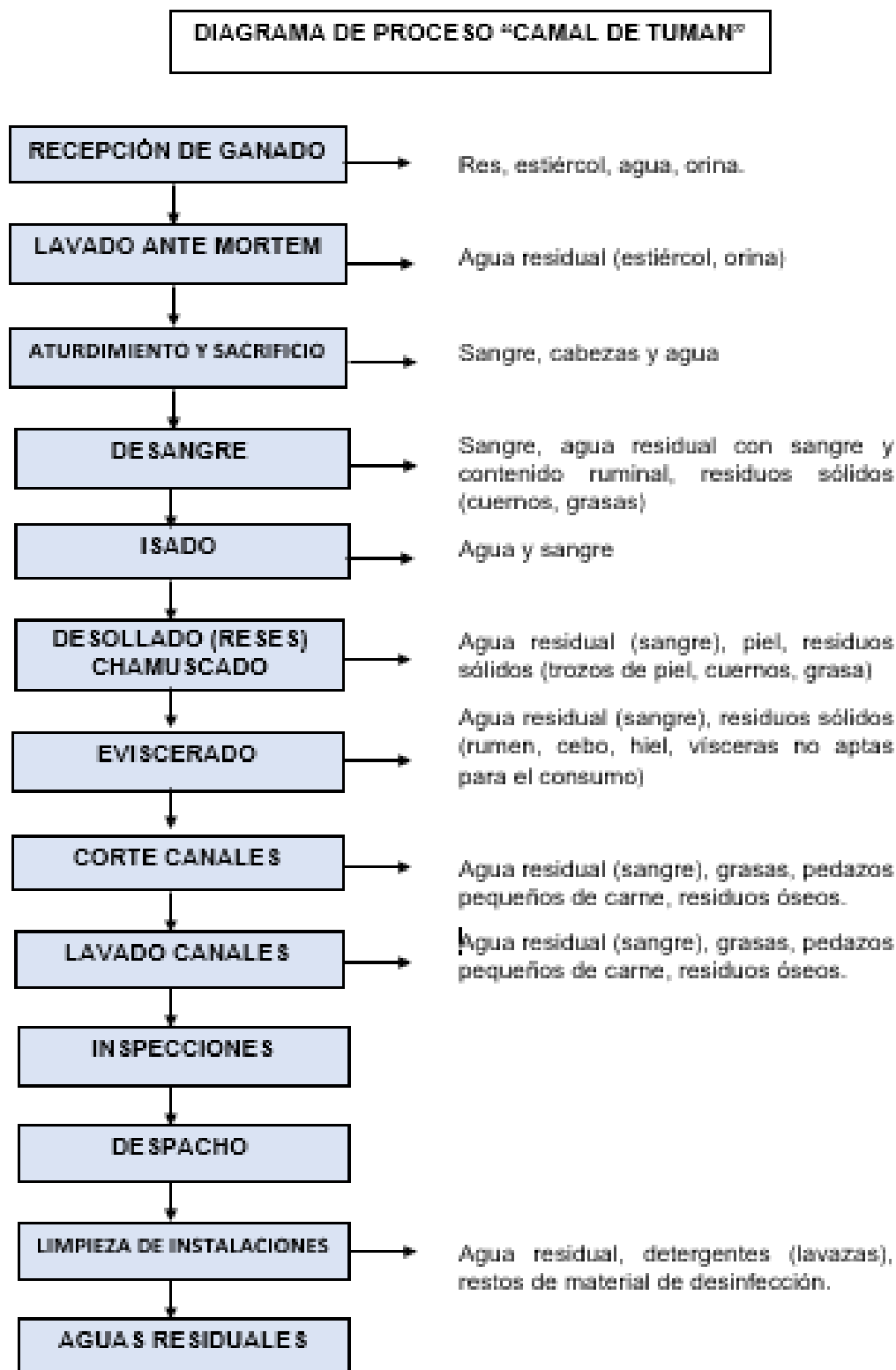
- **Recepción del ganado:** Los animales llegan al camal, a pie o en vehículos acondicionados desde los diferentes lugares del distrito, el conductor del vehículo o el dueño solicita el ingreso de los animales a faenarse y su posterior desembarco con una factura de pago previamente realizada en la Administración del Camal , para luego proceder a la identificación con pintura a través de códigos siendo dirigidos a los corrales de reposo donde permanecen 12 – 24 horas antes de ser sacrificados , para reducir el estrés generado por el viaje y el nivel de tensión en sus tejidos musculares, evitando que la carne se contamine con toxinas. Durante la estadía no se les suministra alimento con el fin de reducir la generación del rumen y estiércol, sólo se les suministra agua para beber y refrescarlos. Todo animal destinado a la matanza debe ser sometido a una inspección ante mortem, este procedimiento es realizado por el médico veterinario del Camal Municipal, posteriormente son admitidos para el sacrificio normal. En esta etapa del proceso se utiliza agua para el baño de los animales.
- **Lavado ante mortem:** Antes de ser sacrificados los animales se les ducha o lava, para despojarlo de la tierra que puedan tener, esto se realiza de forma manual asegurando el cumplimiento de las exigencias indicadas.
- **Aturdimiento y Sacrificio:** Consiste en ocasionar la pérdida del conocimiento, para disminuir el estrés y sufrimiento del ganado antes de

ser desangrados. Se utiliza el método del aturdimiento de puntilla, el cual debe ser rápido para que el animal no sufra y tenga una excelente sangría en el momento de ser degollado.

- **Desangre:** Se dejará al ganado tanto vacuno y porcino después del aturdimiento que desangre por un tiempo de 10 minutos, el objeto punzocortante a utilizar debe ser resistente. Para el ganado mayor se utiliza cuchillo para cortar la piel y seccionar vasos sanguíneos, luego se realiza la cortada de patas delanteras y una trasera (una queda para el izado) generando como salida sangre , contenido ruminal, y residuos sólidos (cuernos, grasa).
- **Izado:** Aquí el animal es colgado por medio de una de sus patas traseras colocándolo en el grillete luego se colocará la cadena de izado del tecla.
- **Desollado (reses):** Este procedimiento se realiza de forma manual utilizando cuchillos, comenzando desde el cuello hasta las extremidades inferiores, teniendo el más mínimo cuidado para evitar daños en la canal o que queden restos de carne en el cuero.
- **Depilado o Chamuscado (cerdos):** En el depilado se procede a la eliminación de los pelos, de manera manual o utilizando un cuchillo bien afilado, y el chamuscado ayudará a eliminar el pelo restante de la etapa de depilado.
- **Eviscerado:** Se abrirá el estómago de los animales ya pelados con una sierra para luego exponer las vísceras y retirarlas con cuidado evitando cortar órganos que puedan contaminar la canal, luego someterlas a una inspección (post mortem) para determinar su estado y designar su destino, aquellas que no cumplan con los requisitos serán rechazadas y desechadas como residuos. En esta etapa del proceso se utiliza agua para el lavado de las vísceras, generándose residuos sólidos (rumen, cebo, hiel, vísceras rojas y blancas) y aguas residuales.

- **Corte de canales:** Consiste en seccionar por dos partes al animal sacrificado con una sierra o hacha manual haciendo un corte a lo largo de la columna vertebral.
- **Lavado de canales:** Las canales son sometidas a un lavado con agua fría y con un mantel, para eliminar fragmentos o pedazos de hueso y coágulos que hayan quedado desde la partición del esternón y/o en canal. Posteriormente cada canal es lavado con una manguera. Este proceso busca además generar un descenso rápido de la temperatura de las canales inhibiendo el crecimiento bacteriano y optimizando el proceso de refrigeración posterior.
- **Inspecciones:** Esta inspección es realizada por el médico veterinario, la misma que es obligatoria en todos los animales destinados para el consumo humano, su objetivo principal es detectar lesiones o enfermedades que puedan atentar contra la salud pública, además de impedir la contaminación de productos comestibles durante el faenado y su posterior manipulación.
- **Despacho:** Finalmente las canales salen del Camal hacia los diferentes puestos mercado de abasto de Tumán y anexos para su despacho al consumidor.
- **Aguas residuales:** Luego para finalizar todo el proceso se hace una limpieza general del camal, llevando las aguas residuales hacia las canaletas para su desfogue, antes de eso se alzan las rejillas de los canales para que fluyan con mayor rapidez.

#### 4.2.2. Proceso de Producción



**Figura N° 04 Diagrama de Proceso del Camal Municipal del Distrito de Tuman**

Elaboración: Propia



En la **Figura N° 04** muestra las etapas del proceso de beneficiado de ganado mayor y menor que se lleva a cabo en el camal, realizándose de forma continua, teniendo un control de la higiene en los animales de faena, al personal que ingresa y a los operarios, a estos últimos en cuanto al uso de implementos de higiene y protección personal, evitando la contaminación de la carne, la cual tienen como fin el consumo

#### **4.3. EVALUACIÓN DE LAS ETAPAS DEL PROCESO**

- **Generación de Efluentes del Proceso**

En el Camal Municipal de Tumán se identificaron los efluentes los cuales constituyen una de las más serias causas de contaminación ambiental y malos olores , cuyas descargas comprenden entre el 85 y 95 % del consumo de agua del mismo, de tal manera que son generados de las tareas propias del proceso; cuya composición es compleja y variable conteniendo estiércol , orina, sangre, pelos, restos de piel , grasas de las canales, contenido ruminal , alimentos no digeridos por los intestinos y de los despojos, derivados de productos usados en la limpieza y desinfección de las instalaciones, de los utensilios , etc. **(Tabla 12)**

- **Generación de Residuos Sólidos del Proceso**

En el Camal Municipal de Tumán se identificó los residuos sólidos que se generan durante y después del proceso, siendo la mayor parte de estos biodegradables, los cuales no siempre tienen un manejo adecuado, ocasionando proliferación de malos olores en la zona. **(Tabla 13)**

#### **4.4. DOTACIÓN DE FAENA**

Se pudo constatar que está constituida por los animales que son sacrificados diariamente en el Camal Municipal de Tumán entre los cuales tenemos:

- Ganado mayor : vacunos
- Ganado menor: porcinos, ovinos y caprinos

**(Tabla 14)**

#### **4.5. CONSUMO DE AGUA EN EL PROCESO**

El consumo diario de agua que se utiliza en el Camal Municipal es de 10 000 L/ día ( $5\text{m}^3/\text{día}$  dos veces), como parte de la actividad que se realiza, y según lo expresó el médico veterinario se rigen a los requisitos y recomendaciones dadas por SENASA y basados en el D.S.N° 015 – 2012 – AG , para la distribución en cuanto a la dotación de agua a utilizar por animal faenado **(Tabla 15)**

Asimismo se procedió a calcular el volumen de agua consumida en el faenado. **(Tabla 16)**

Además del consumo de agua en el faenado de los animales en el Camal Municipal de Tumbes, también se procede a la limpieza y desinfección de las instalaciones del mismo, de tal manera que se pudo calcular. **(Tabla 17)**

#### **4.6. IDENTIFICACIÓN DE LOS PUNTOS CRÍTICOS SELECCIONADOS A EVALUAR**

Para llevar a cabo los análisis respectivos de los parámetros físico químico y microbiológico de las muestras de aguas residuales del Camal Municipal del Distrito de Tumbes se siguió la metodología siguiente:

- Se identificaron los puntos críticos a evaluar **(Figura 04)**
- Se procedió a la toma de las muestras, tomando como referencia las pautas indicadas según DIGESA 2007 y el Protocolo de Monitoreo de la Calidad del Agua (Sistema de Gestión de Calidad- NTP ISO/IEC 17025). **(Tabla 17)**

#### **4.7. METODOLOGÍA DE ANÁLISIS DE LAS MUESTRAS DE AGUAS RESIDUALES**

Para la realización de los análisis físico químico y microbiológicos de las muestras de las aguas residuales del Camal Municipal del Distrito de Tumbán se procedió a un muestreo simple (**Figura 5**), debido a que las muestras de aguas fueron tomadas en puntos determinados las cuales fueron analizadas en los ambientes de la Empresa Prestadora de Servicios y Saneamiento S.A (EPSEL) y en el Laboratorio de la Universidad de Lambayeque , siguiendo los métodos descritos en Standard Methods or the examination of water and waste water. APHA-AWWA-WEF 21Th Edition 2005 (**Tabla18**). La finalidad de este muestreo fue identificar cuáles son las características de los efluentes y poder tener un conocimiento de la cantidad de materia orgánica presente en estas aguas (DBO5, DQO. Aceites y Grasas, SST, Coliformes totales y fecales), obteniendo así información que ayude a conocer cuál será el tratamiento adecuado para tratar estos efluentes.

**Tabla 12: Generación de efluentes en las etapas del proceso**

<b>ETAPAS DEL PROCESO</b>	<b>EFLUENTES</b>
<b>LAVADO</b>	Agua residual ,tierra, estiércol ,orina
<b>ATURDIMIENTO</b>	Sangre
	Agua residual con sangre
<b>DEGOLLADO</b>	Agua residual con sangre
<b>IZADO</b>	Agua residual con sangre
<b>DESOLLADO (reses)</b> <b>CHAMUSCADO (porcino)</b>	Agua residual con sangre
<b>EVICERADO</b>	Agua residual del lavado de las vísceras
<b>LAVADO DE CANALES</b>	Agua residual con sangre y restos de grasas
<b>LIMPIEZA DE LAS INSTALACIONES</b>	Agua residual con detergentes

Fuente: Elaboración propia

**Tabla 13 Generación de Residuos Sólidos del proceso**

<b>ETAPAS DEL PROCESO</b>	<b>RESIDUOS SÓLIDOS</b>
<b>Recepción del ganado</b>	Estiércol, tierra
<b>Desollado</b>	Cuernos , trozos de piel
<b>Eviscerado</b>	Contenido ruminal , vísceras no aptas, cebo , grasas
<b>Corte de la canal</b>	Restos de carne , grasas
<b>Lavado de la canal</b>	Grasas

Fuente: Elaboración propia

**Tabla 14: Dotación general de animales faenados en Camal Municipal**

<b>DIAS/ GANADO</b>	<b>AGOSTO</b>				<b>SETIEMBRE</b>				<b>OCTUBRE</b>			
	<b>V</b>	<b>P</b>	<b>O</b>	<b>C</b>	<b>V</b>	<b>P</b>	<b>O</b>	<b>C</b>	<b>V</b>	<b>P</b>	<b>O</b>	<b>C</b>
<b>1</b>	10	4	2	0	8	14	1	0	4	0	0	0
<b>2</b>	9	3	2	0	6	9	0	2	8	4	2	0
<b>3</b>	10	6	1	0	6	1	0	0	6	6	0	1
<b>4</b>	9	14	0	5	10	5	0	0	6	4	1	2
<b>5</b>	10	10	0	6	8	6	0	0	4	6	0	1
<b>6</b>	5	0	0	0	9	3	1	1	7	14	0	5
<b>7</b>	7	4	0	2	6	6	1	0	6	10	0	2
<b>Total Semanal</b>	<b>60</b>	<b>41</b>	<b>5</b>	<b>13</b>	<b>53</b>	<b>44</b>	<b>3</b>	<b>3</b>	<b>41</b>	<b>44</b>	<b>3</b>	<b>11</b>
<b>Total Mensual</b>	<b>243</b>	<b>174</b>	<b>8</b>	<b>44</b>	<b>226</b>	<b>186</b>	<b>19</b>	<b>21</b>	<b>166</b>	<b>172</b>	<b>18</b>	<b>35</b>
<b>TOTAL</b>	<b>469</b>				<b>452</b>				<b>391</b>			

Fuente: Elaboración propia. Datos Estadísticos de Camal Municipal 2017.

**Ganado:**    **V=** Vacuno        **P=** Porcino        **O=** Ovino        **C=** Caprino

**Tabla 15 Consumo de Agua por animal faenado. D.S. N° 015 – 2012 – AG**

<b>ANIMAL DE FAENA</b>	<b>DOTACIÓN DE AGUA</b>
<b>VACUNO</b>	500 litros /animal
<b>PORCINO</b>	350 litros /animal
<b>OVINO Y CAPRINO</b>	200 litros /animal

Fuente: Elaboración propia basado en el Reglamento Sanitario de faenado de animales de abasto. D.S. N° 015 – 2012 – AG

**Tabla 16 Cálculo del volumen de agua consumida faenado /meses**

<b>VOLUMEN</b>	<b>AGOSTO</b>	<b>SETIEMBRE</b>	<b>OCTUBRE</b>
<b>VOLUMEN (L)</b>	192 800 L	186 100 L	153 800 L
<b>TOTAL VOLUMEN</b>	<b>743 200 L</b>	<b>=</b>	<b>743 200 m<sup>3</sup></b>

Fuente: Elaboración propia, basado en datos Camal Municipal Tumán 2017

**Tabla 17 Cálculo del volumen general de agua utilizada/día**

<b>GANADO</b>	<b>AGOSTO</b>	<b>SETIEMBRE</b>	<b>OCTUBRE</b>
<b>CONSUMO TOTAL DE AGUA ANIMAL FAENADO</b>	192 800 L	186 100 L	153 800 L
<b>CONSUMO TOTAL DE AGUA LIMPIEZA INSTALACIONES</b>	80600 L	70 500 L	59 400 L
<b>TOTAL AGUA CONSUMIDA</b>	273 400 L	256 600 L	213 200 L
<b>TOTAL GENERAL CONSUMO</b>		<b>743 200 L =</b>	<b>743.2 m<sup>3</sup></b>
<b>VOLUMEN PROMEDIO</b>		<b>247.7 m<sup>3</sup></b>	

Fuente: Elaboración propia, basado en datos Camal Municipal Tumán 2017

**Tabla 18 Identificación de Puntos Críticos**

<b>PUNTOS CRITICOS</b>	<b>DESCRIPCIÓN</b>
<b>Punto M1</b>	Agua de Cisterna Externa
<b>Punto M2</b>	Agua de Procesamiento (Grifos )
<b>Punto M3</b>	Efluente de Canaleta Interna
<b>Punto M4</b>	Efluente de Tubo Desfogue 1° división (vacunos)
<b>Punto M5</b>	Efluente de Tubo Desfogue 2° división (porcinos)

Fuente: Elaboración Propia

**Figura N°05 Reconocimiento de los puntos críticos a evaluar**



**Figura N°06 Muestreo simple en los puntos determinados a evaluar**



**M1: Cisterna Externa**



**M2: Agua Proceso (Grifos)**



**M3: Canaleta Interna**



**M4: Tubo Desfogue 1**



**M5: Tubo Desfogue 2**



#### 4.8. ANÁLISIS DE LOS PARÁMETROS FÍSICO QUÍMICOS Y MICROBIOLOGICOS DE LAS AGUAS RESIDUALES DEL CAMAL MUNICIPAL DEL DISTRITO DE TUMÁN

##### 4.8.1. ANÁLISIS FÍSICO QUÍMICOS Y MICROBIOLOGICOS : M1 – M2

Muestras : **M1** = Cisterna Externa      **M2** = Agua de Proceso-Grifos

**Tabla 19 Resultados Parámetros Físico Químicos y Microbiológicos**

PARÁMETROS	AGOSTO		SETIEMBRE		OCTUBRE			LMP
MUESTRAS AGUAS	M1	M2	M1	M2	M1	M2	Promedio	DS-031-2010-SA
pH	7.0	6.9	6.9	7.1	7.0	6.8	<b>6.9</b>	6.5-8.5
Temperatura (°C)	25.9	24.9	25	24.8	24.9	25	<b>25.0</b>	
Turbiedad, NTU	0.90	1.08	0.82	1.04	0.90	1.02	<b>0.96</b>	5
Conductividad us/cm	1273	1275	1273	1273	1270	1272	<b>1272.6</b>	1500
Cloruro, mg/L	132.21	131.96	131.59	130.12	132.03	131.08	<b>131.5</b>	250
Sulfatos, mg/L	217.00	218.02	216.95	218.00	215.86	217.52	<b>217.23</b>	250
Dureza, mg/L	482.15	485.49	482.98	486.14	484.05	485.96	<b>484.46</b>	500
Fierro, mg/L	0.1599	0.1620	0.1500	0.1513	0.1572	0.1605	<b>0.1568</b>	0.3
Cobre, mg/L	0.0018	0.0020	0.0018	0.0020	0.0018	0.0019	<b>0.0018</b>	2
Zinc, mg/L	0.0249	0.0250	0.0247	0.0249	0.0249	0.025	<b>0.024</b>	3
Sodio, mg/L	44.00	44.40	43.68	43.87	44.00	44.10	<b>44.01</b>	200
Coliformes Totales								
NMP/100	<1.8	1.8	<1.8	1.8	<1.8	1.8	<b>&lt;1.8</b>	≤1.8/100ml
Coliformes Fecales								
NMP/100	<1.8	1.8	<1.8	1.8	<1.8	1.8	<b>1.8</b>	≤1.8/100ml

Fuente: Elaboración propia , basado en resultados obtenidos EPSEL y Lab. UDL

La **Tabla 19**, muestra los resultados obtenidos de los parámetros físicos químicos y microbiológicos encontrados en las aguas de proceso M1 y M2 del Camal Municipal del distrito Tumán y que comparados con los Límites Máximos Permisibles establecidos en el D.S.031- 2010 – SA y su Reglamento de Agua para Consumo Humano, se observa que se encuentran dentro de los valores permitidos, indicando de esta manera que no tienen mayor incidencia en la calidad del agua.

#### **4.8.1.1. Análisis de Potencial Hidrógeno pH**

El resultado del parámetro Potencial de Hidrógeno (pH) obtenido de las muestras M1 y M2 tienen un valor que va desde los 6.8 hasta 7.1 unidades durante los meses de Agosto, Setiembre y Octubre 2017, los cuales se encuentran dentro de los Límites Máximos Permisibles según D.S. 031 – 2010 – SA .indicando que la calidad del agua es óptima para el consumo y que no tiene mayor incidencia en su calidad. **(Figura N°07)**

#### **4.8.1.2. Análisis de Temperatura (°C)**

Los valores resultantes de las muestras evaluadas M1 y M2 para la Temperatura (°C) oscilan desde 24.8 hasta 25.9 °C durante los meses de Agosto , Setiembre y Octubre 2017, los cuales se encuentran dentro de los Límites Máximos Permisibles según lo establecido en el D.S. 031 – 2010 – SA, indicando que no existe peligro de proliferación de organismos patógenos.**(Figura N° 08)**

#### **4.8.1.3. Análisis de Turbidez**

La Turbidez obtenida de las muestras analizadas M1 y M2 sus valores oscilan entre 0.82 hasta 1.08 us/cm durante los meses de estudio ; Agosto , Setiembre y Octubre2017 , los cuales están dentro de los Límites Máximos Permisibles según el D.S. 031 – 2010 – SA , indicando la poca probabilidad de abundancia en material de suspensión que puedan interferir en procesos biológicos.

**(Figura N° 09) (Anexos 7-8-9)**

#### **4.8.1.4. Análisis de Conductividad**

Los valores que se obtuvieron de analizadas las muestras M1 y M2 referente al parámetro de Conductividad van desde 1270 hasta 1275 mg/L , indicando que están dentro de los Límites Máximos Permisibles según lo establecido en el D.S. 031 – 2010 – SA, por lo que existe la posibilidad de transmitir corriente eléctrica. **(Figura N°10)**

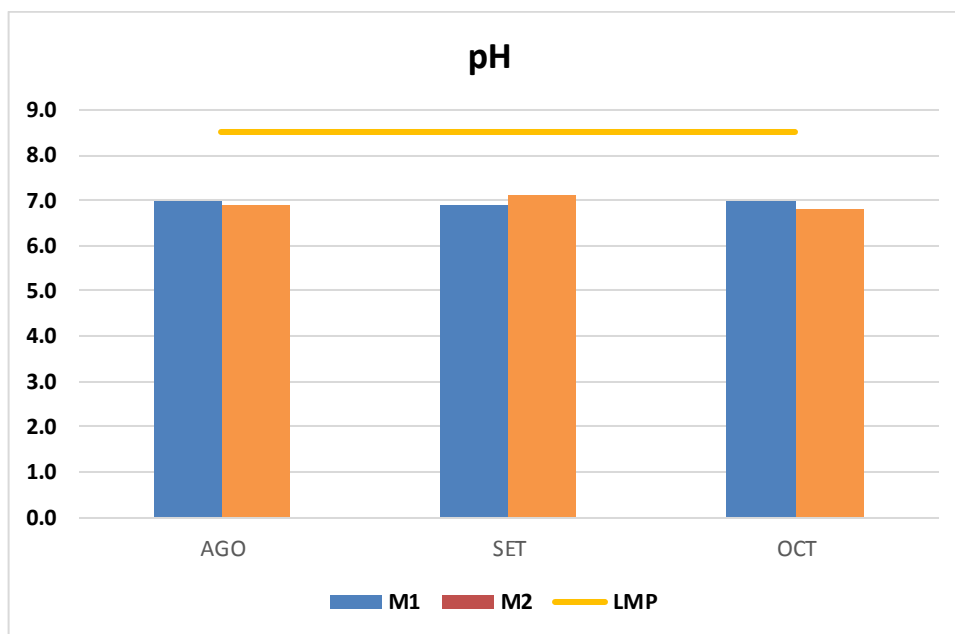
#### **4.8.1.5. Análisis Metales**

Los metales analizados en las muestras entre los cuales tenemos: Dureza, Cloruro , Sulfato , Fierro , Cobre , Zinc y Sodio se determinó que los valores obtenidos durante los meses de Agosto a Octubre 2017 , se encuentran dentro de los valores establecidos por el D.S.031 - 2010 – SA y su Reglamento de Agua para Consumo Humano. **(Figura N° 11)**

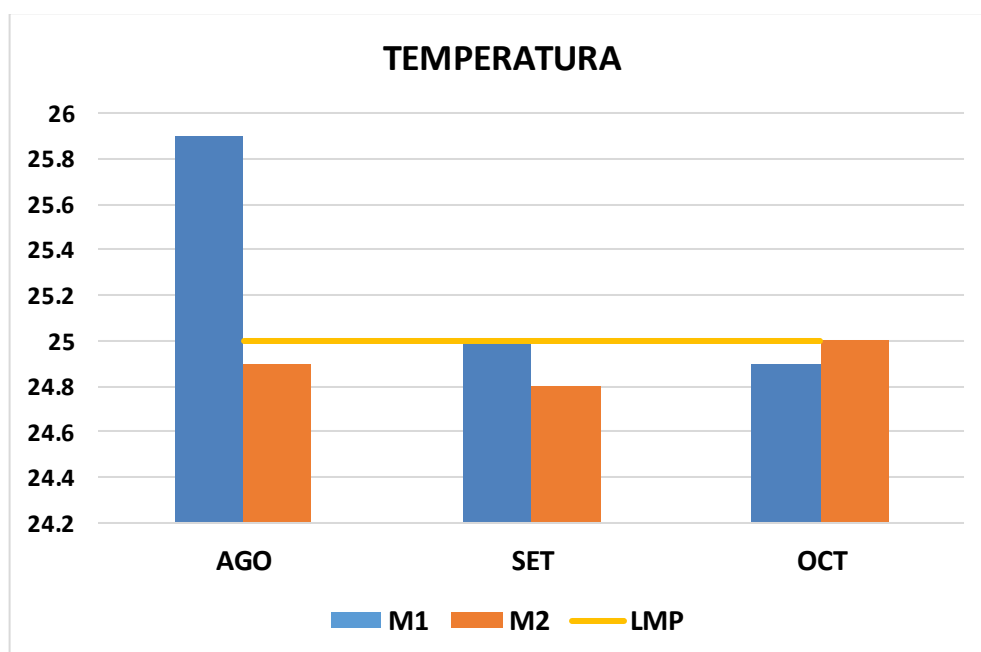
#### **4.8.1.6. Análisis Coliformes Fecales y Coliformes Totales**

Referente a los parámetros: Coliformes Fecales y Coliformes Totales, los valores obtenidos de los análisis realizados durante los meses de Agosto a Octubre 2017, se encuentran dentro de valores establecidos por el D.S.031 - 2010 – SA y su Reglamento de Agua para Consumo Humano, esto indica que no existe presencia de contaminación biológica en las aguas en estudio.

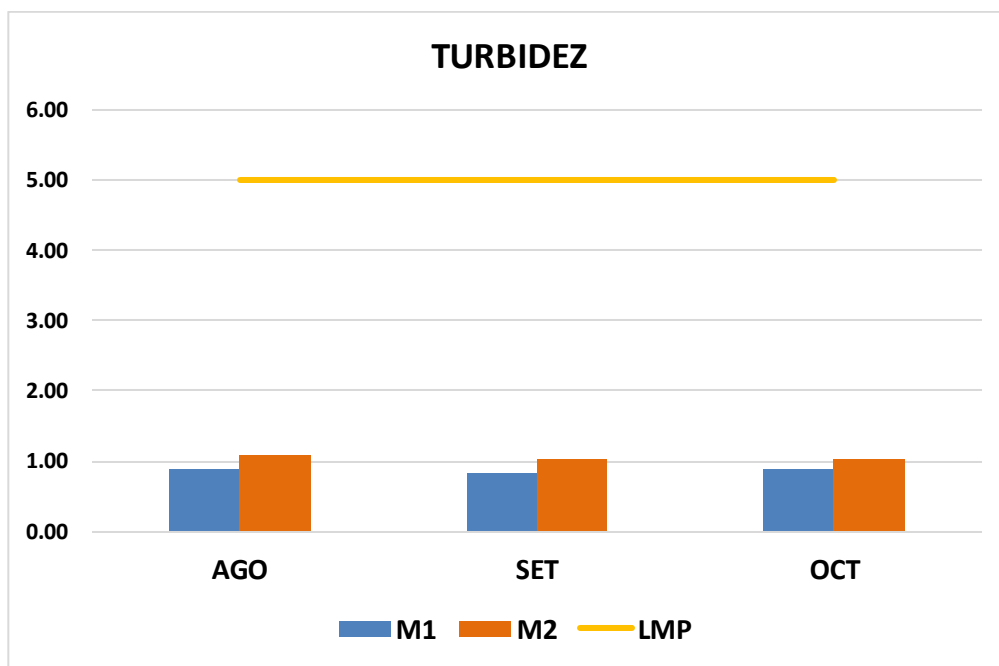
**(Figura N° 12)**



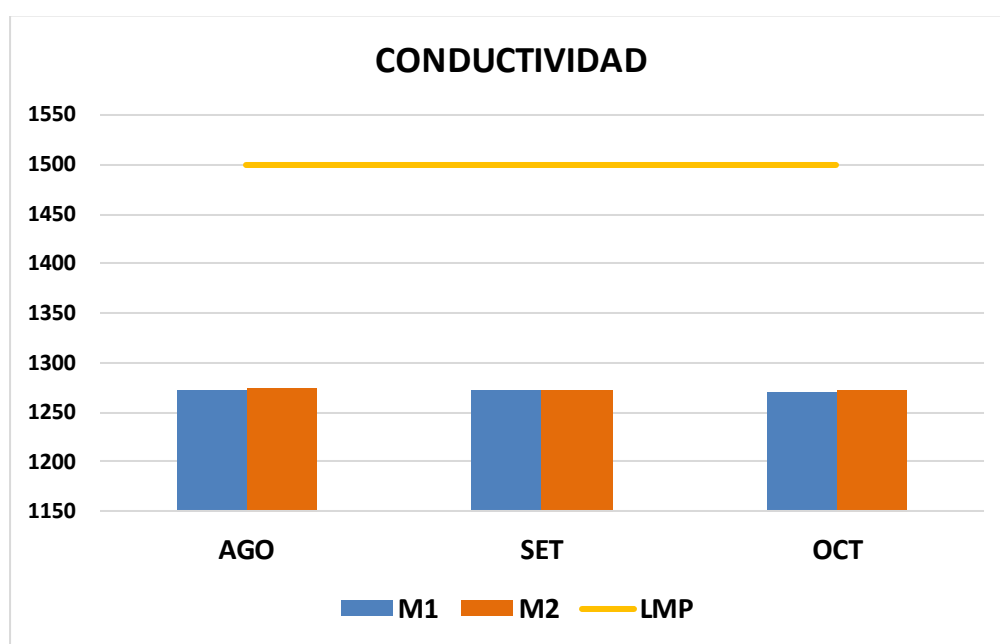
**Figura N°07 Valores obtenidos de pH en los meses de Agosto - Octubre 2017**



**Figura N°08 Valores obtenidos de Temperatura (°C) en los meses de Agosto - Octubre 2017**



**Figura N°09 Valores obtenidos de Turbidez en los meses de Agosto - Octubre 2017**



**Figura N° 10 Valores obtenidos de Conductividad en los meses de Agosto - Octubre 2017**

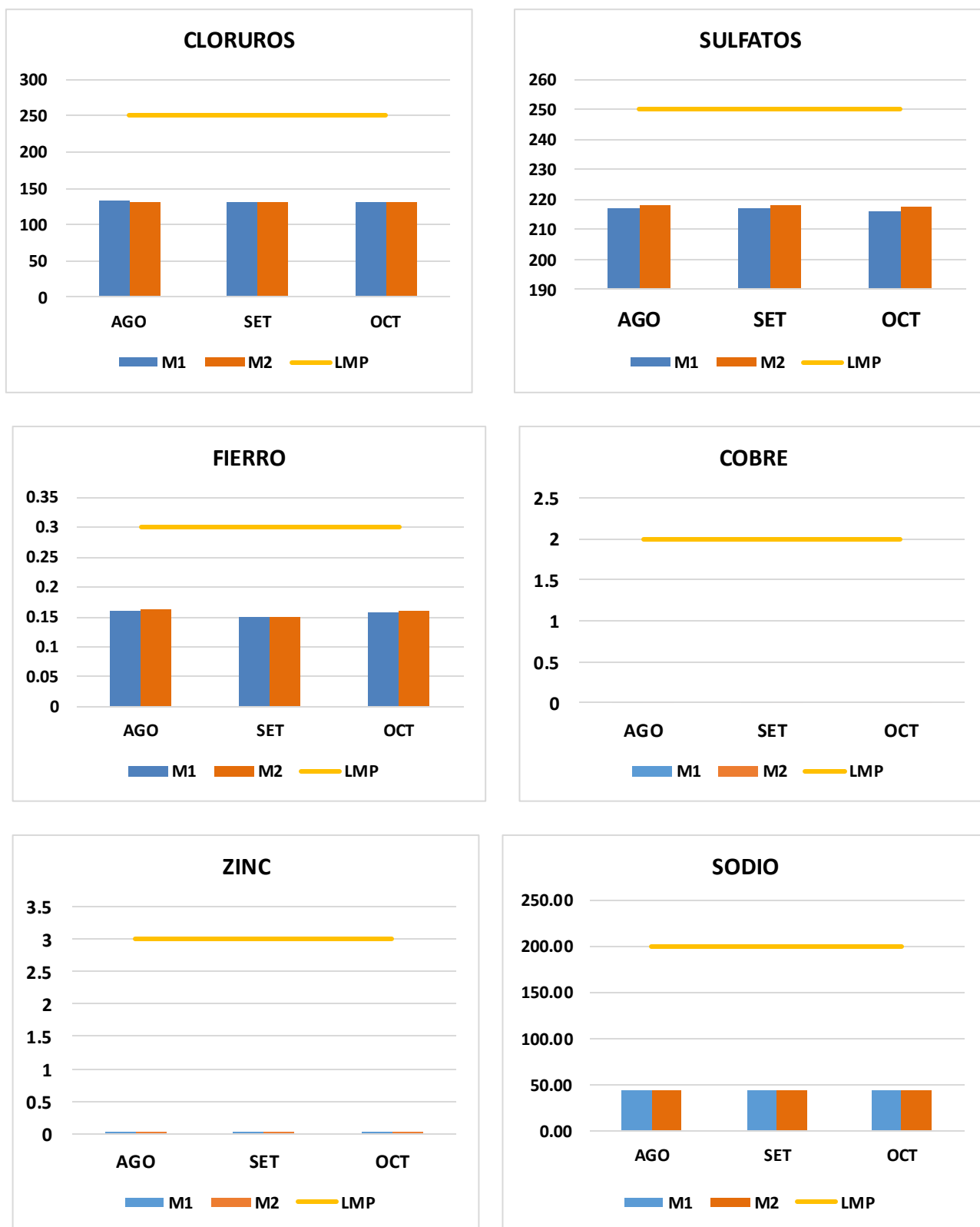
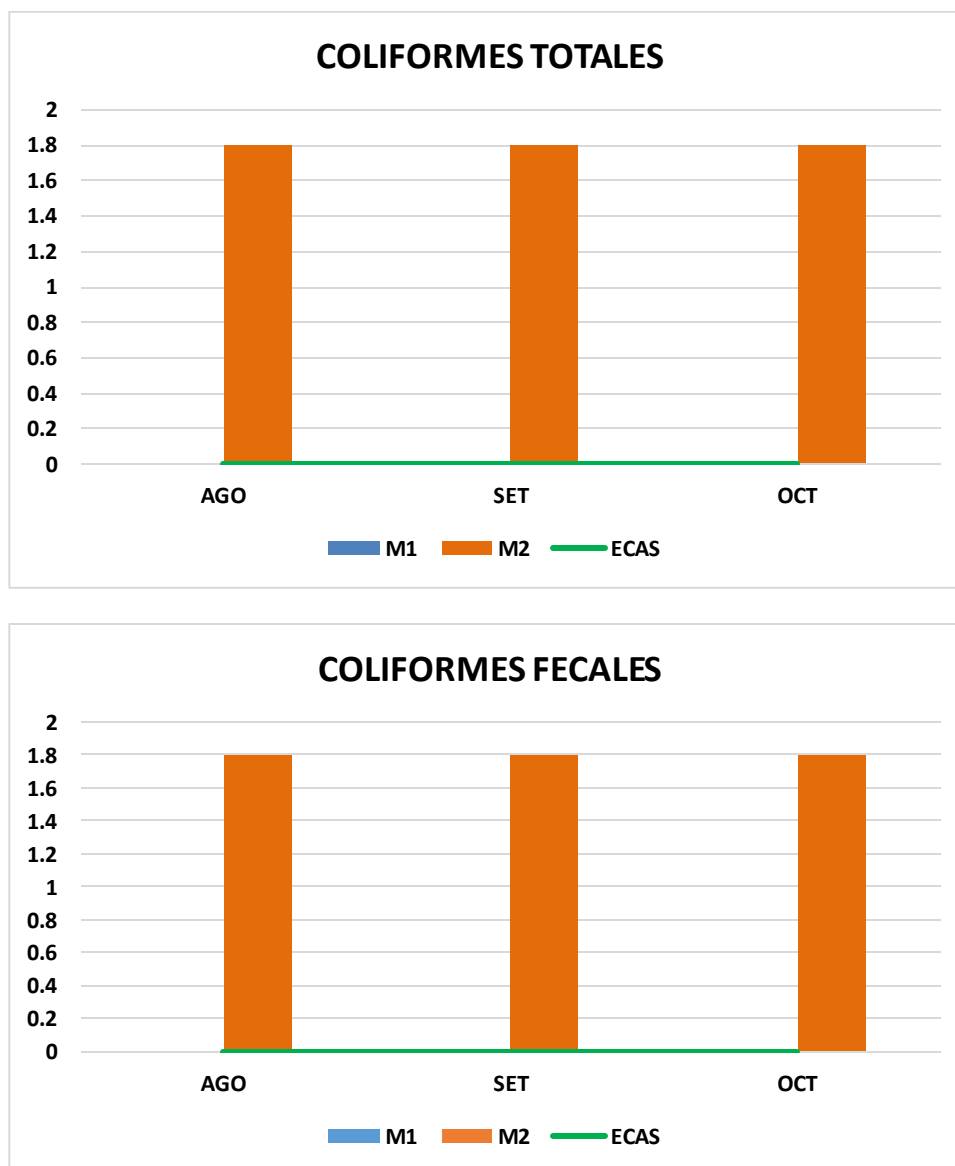


Figura N° 11 Valores obtenidos de Metales durante Agosto - Octubre 2017



**Figura N°12 Valores obtenidos de Coliformes Fecales y Totales durante los meses de Agosto - Octubre 2017**

#### 4.8.2. ANÁLISIS FÍSICO QUÍMICOS Y MICROBIOLOGICOS - MUESTRAS DE EFLUENTES : M3 – M4 – M5

Muestras : Canaleta Interna **(M3)**, Tubo Desfogue 1- Vacunos **(M4)** y Tubo Desfogue 2- Porcinos **(M5)**.

**Tabla 20 Resultados Parámetros Físico Químicos y Microbiológicos M3 –M4 - M5**

PARÁMETROS	AGOSTO			SETIEMBRE			OCTUBRE			PROMEDIO	D.S 004-2017 MINAM ECAS	D.S 015 -2015 MINAM ECAS
MUESTRAS	M3	M4	M5	M3	M4	M5	M3	M4	M5			
Potencial de Hidrógeno	8.0	8.0	7.8	7.9	7.5	7.9	7.5	7.9	7.9	7.8		6.5 - 8.4
Temperatura °C	24.4	25.0	25.2	24.2	25.4	25.0	24.0	24.8	25.1	24.8	Δ3	Δ3
DBO <sub>5</sub> , mg/L	1731	1746	3119	1729	1734	3000	1725	1750	3350	2209.33	15	15
DQO, mg/L	2132	2240	3500	2127	2150	3350	2120	2125	3680	2602.66	40	40
SST, mg/L/h	25	96	23	19	84	22	12	100	20	44.5	300	D.S. 2009 MINAM
Aceites y grasas, mg/L	36	42	55	32	36	41	28	32	38	37.7	5	5
Conductividad, mg/L	918	3109	2832	932	3241	3015	954	3350	3186	2393	2500	2500
Coliformes Totales NMP/100ml	3.5X10 <sup>5</sup>	1.3 X10 <sup>5</sup>	2.4 X10 <sup>4</sup>	3.4 X10 <sup>5</sup>	1.1 X10 <sup>5</sup>	2.1 X10 <sup>4</sup>	3.5 X10 <sup>5</sup>	1.1 X10 <sup>5</sup>	2.2 X10 <sup>4</sup>	2.2 X10 <sup>5</sup>	-	1000
Coliformes Termotolerante NMP/100 ml	2.8 X10 <sup>4</sup>	3.2 X10 <sup>4</sup>	2.4 X10 <sup>4</sup>	2.7 X10 <sup>5</sup>	2.2 X10 <sup>4</sup>	2.1 X10 <sup>4</sup>	2.8 X10 <sup>5</sup>	3.3 X10 <sup>4</sup>	2.2 X10 <sup>4</sup>	2.6X10 <sup>4</sup>	1000- 2000	1000

Fuente: Elaboración propia, con resultados de EPSEL y Lab. UDL. D.S. 004-2017 y D.S. 015-2015 MINAM, D.S. 2009 - MINAM



La **Tabla 20**, muestra los resultados obtenidos de los parámetros físicos químicos y microbiológicos encontrados en los efluentes analizados M3 , M4 y M5 del Camal Municipal del distrito Tumán y que comparados con los Estándares Nacionales de Calidad Ambiental establecidos en el D.S.004- 2017 – MINAM y Estándares de Calidad Ambiental del D.S 015-2015 – MINAM y Límites Máximos Permisibles del D.S. 2009 – MINAM , se observa que los valores resultantes de los parámetros de Potencial Hidrógeno (pH) y Temperatura (°C) se encuentran dentro de los valores permitidos con 7.8 unidades y 24.8 °C respectivamente, mientras que los parámetros de : DBO5 (2209.33 mg/L), DQO (2602.66 mg/L), Aceites y Grasas (37.7 mg/L), Sólidos Sedimentables Totales (SST) (44.5 mg/L) , Conductividad (2402 mg/L) , Coliformes Totales ( $2.2 \times 10^5$  NMP/100 ml) y Fecales ( $2.6 \times 10^4$  NMP/100 ml) ; están fuera de los valores permitidos , de tal manera se comprueba que la elevada presencia de estos parámetros es una principal característica de las aguas residuales, debido a que provocan una serie de reacciones adversas para su disposición final .

#### **4.8.2.1. Análisis de Potencial Hidrógeno (pH)**

El resultado obtenido del parámetro Potencial de Hidrógeno (pH) de las muestras M3, M4 y M5 tienen un valor promedio de 7.8 unidades durante los meses de Agosto, Setiembre y Octubre 2017, los cuales se encuentran dentro de los valores permitidos según lo establecido en el D.S. 015 – 2015 MINAM.

**(Figura 13)**

#### **4.8.2.2. Análisis de Temperatura (°C)**

El valor promedio resultante de las muestras evaluadas M3, M4 y M5 para la Temperatura (°C) durante los meses de Agosto , Setiembre y Octubre 2017 , es de 24.8 °C por lo tanto se encuentran dentro de los Estándares de Calidad Ambiental según lo establecido en los D.S.2004-2017 – MINAM , D.S. 015 – 2015 - MINAM . **(Figura 14)**

**(Anexo 7)**

#### **4.8.2.3. Análisis de Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO<sub>5</sub>)**

Los valores del parámetro de DBO<sub>5</sub> obtenidos en los análisis de los efluentes M3, M4, M5 se encuentran fuera de los Estándares de Calidad Ambiental, según lo establecido en los D.S.2004-2017– MINAM, D.S. 015 – 2015–MINAM, siendo la M3 (1729 mg/L) manifiesta el más bajo de todas y la M5 (3350 mg/L) muestra el calor más alto en el mes de Octubre, de tal manera que se comprueba la existencia de elevada carga microbiana y materia orgánica biodegradable.

**(Figura 15)**

#### **4.8.2.4. Análisis de Demanda Química de Oxígeno (DQO)**

Los valores promedio del parámetro de DQO (2602.66 mg/L) obtenidos en los análisis de los efluentes M3, M4, M5 se encuentran fuera de los Estándares de Calidad Ambiental, según lo establecido en los D.S.2004-2017– MINAM, D.S. 015 – 2015–MINAM

**(Figura 16)**

#### **4.8.2.5. Análisis de Sólidos Sedimentables Totales (SST)**

En cuanto al parámetro de los sólidos sedimentables totales para las muestras de los efluentes analizados M3, M4, M5, los valores promedios 44.5 mg/L obtenidos sobrepasan los valores permitidos según lo indicado en el D.S. 2009 – MINAM, de tal manera que la M3 (12 mg/L) cuyo valor es bajo en el mes de Octubre, y la M4 (100 mg/l) en el mismo mes es la más alta, los cuales deben ser eliminados mediante un tratamiento previo. **(Figura 17) (Anexo 8)**

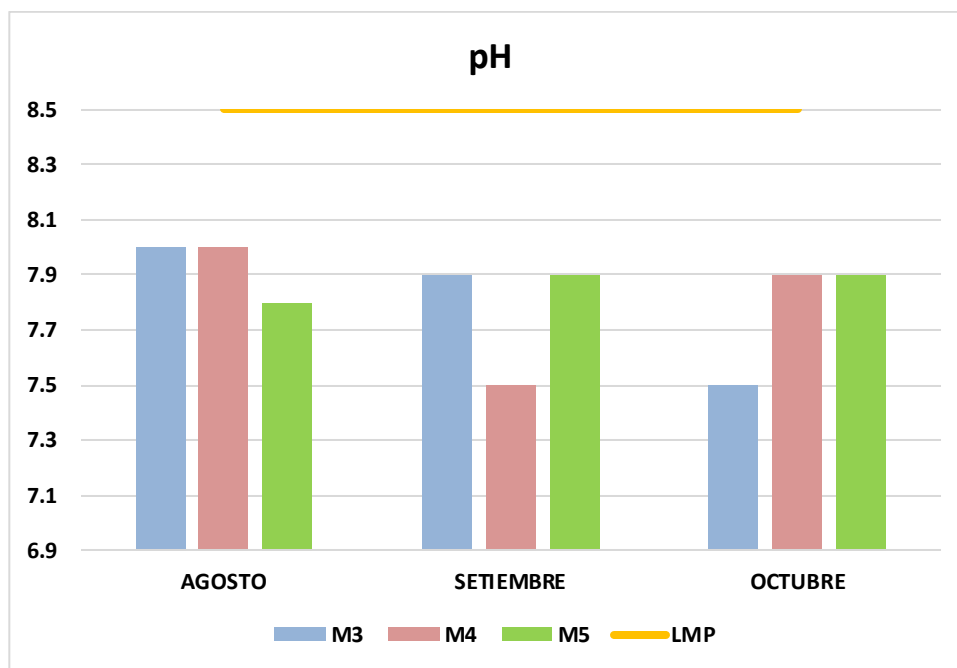
#### **4.8.2.6. Análisis de Aceites y Grasas (Ac y G)**

Los valores obtenidos después del análisis de las muestras de los efluentes M3, M4, M5 del parámetro Aceites y Grasas, no se encuentran dentro de los Límites Máximos Permisibles de los D.S.2004-2017– MINAM, D.S. 015 – 2015–MINAM, siendo la M3 con el valor más bajo en el mes de Octubre con (28 mg/L) y la M5 con (55 mg/L) en el mes de Agosto el más alto. **(Figura 18)**

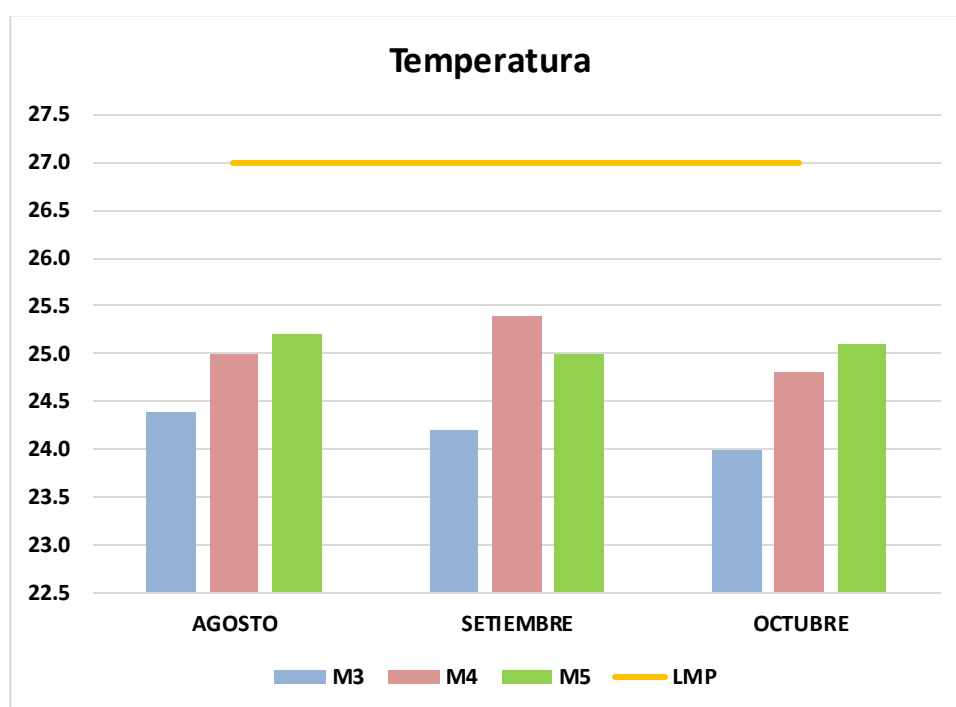
#### **4.8.2.7. Análisis de Coliformes Totales y Fecales**

Los valores resultantes después de los análisis realizados a los efluentes M3 , M4 ,M5 para los parámetros de Coliformes Totales y Fecales se encuentran fuera de los valores permitidos en los D.S.2004-2017– MINAM, D.S. 015 – 2015–MINAM , Guías de la OMS para el reúso de aguas residuales , siendo los más elevados para Coliformes Totales las muestras M3 ( $3.5 \times 10^5$  NMP /100ml) ambas en el mes de agosto , y para Coliformes Fecales para la muestra M3 ( $2.8 \times 10^5$  NMP / 100ml ) en el mes de Octubre por lo tanto es de suma importancia su eliminación o reducción ya que el agua obtenida será reutilizada **(Figura 19)**

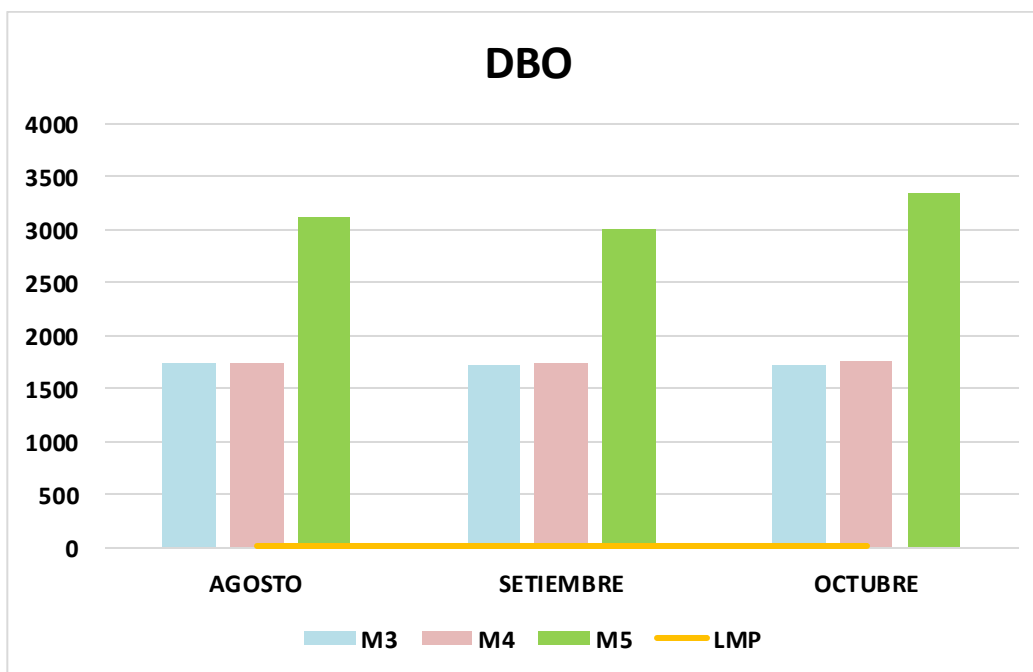
Finalmente se concluye que, los efluentes generados en el Camal Municipal del distrito de Tumán deben pasar por un tratamiento para reducir la carga orgánica y contaminante de su estructura, por lo que será necesario identificar qué tipo sistema se deberá implementar para reducir la contaminación de estas aguas. **(Anexo 9)**



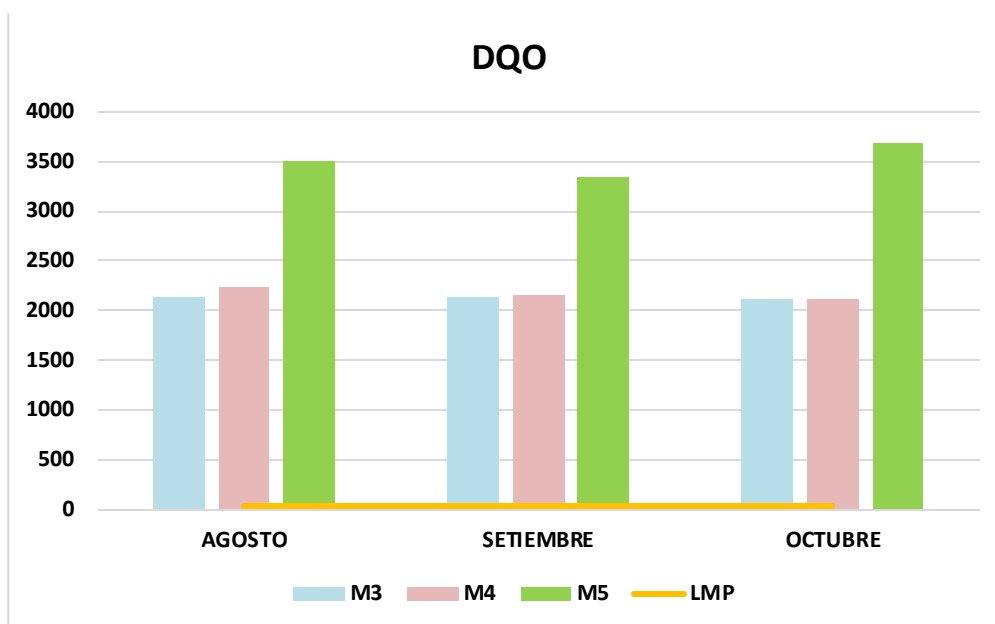
**Figura N°13 Valores obtenidos de Potencial Hidrógeno (pH), meses de Agosto - Octubre 2017**



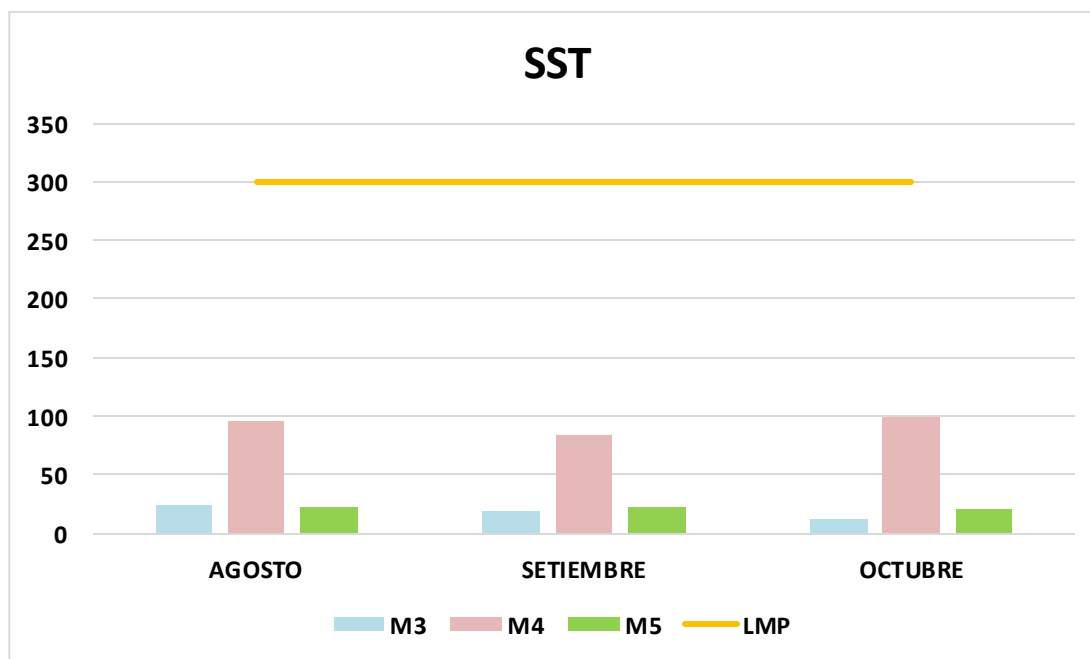
**Figura N°14 Valores obtenidos de Temperatura (°C) , meses de Agosto - Octubre 2017**



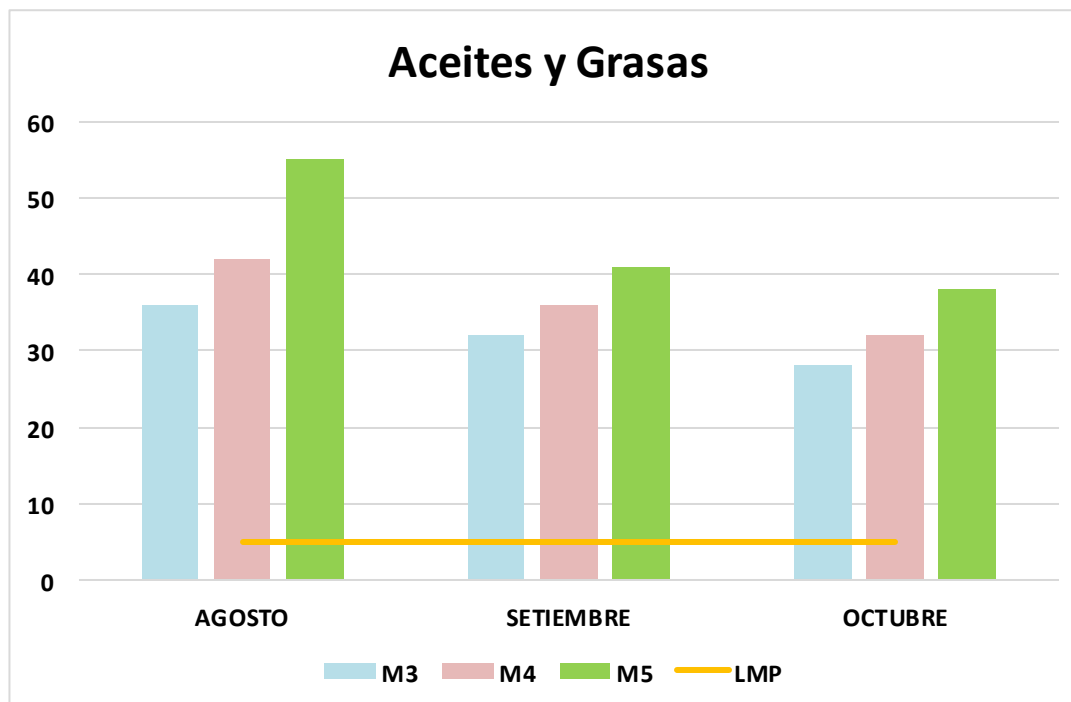
**Figura N°15 Valores Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO<sub>5</sub>) Agosto - Octubre 2017**



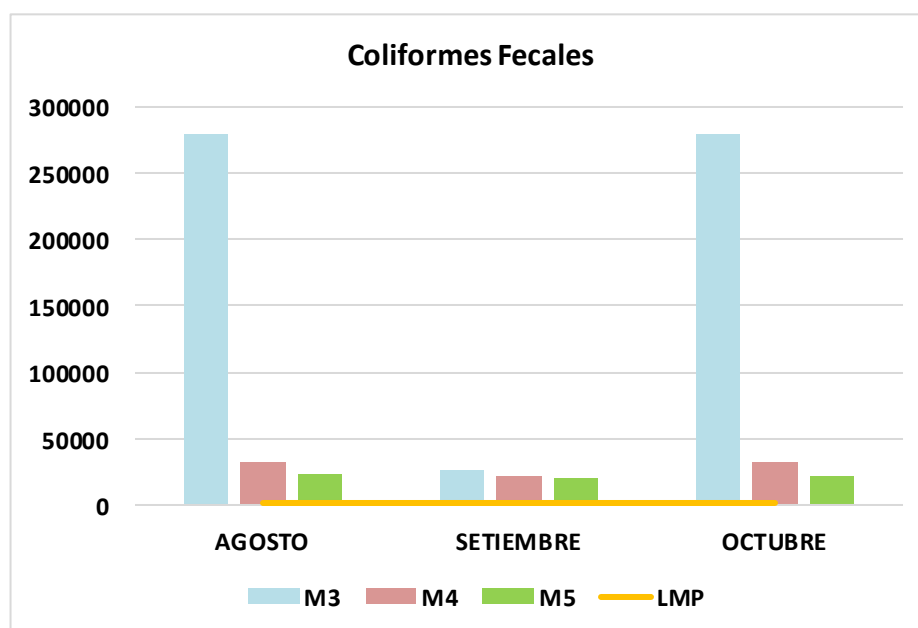
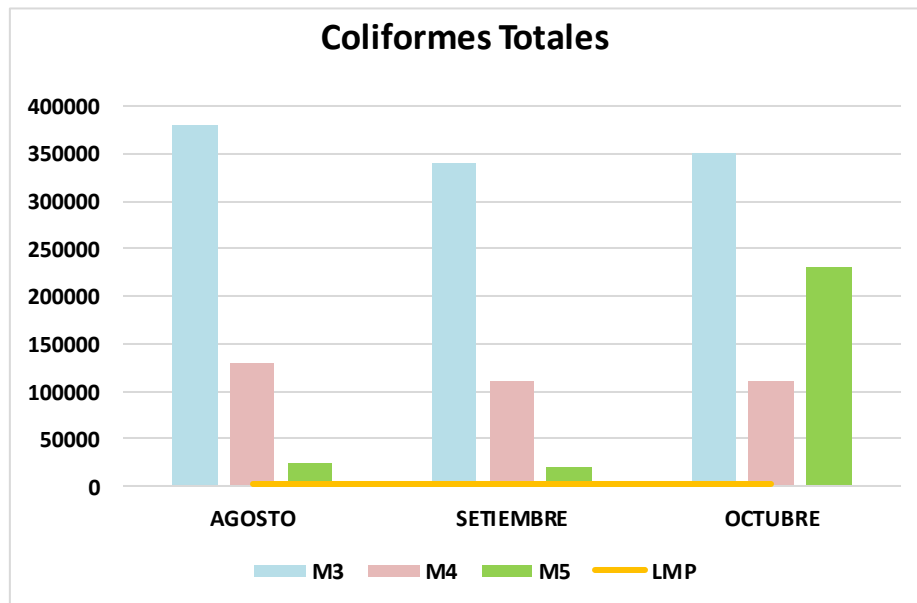
**Figura N°16 Valores obtenidos de Demanda Química de Oxígeno (DQO) durante los meses de Agosto - Octubre 2017**



**Figura N°17 Valores obtenidos de Sólidos Sedimentables Totales (SST) durante los meses de Agosto - Octubre 2017**



**Figura N°18 Valores obtenidos de Aceites y Grasas (Ac y G) durante los meses de Agosto - Octubre 2017**



**Figura N°19 Valores obtenidos de Coliformes Totales y Fecales durante los meses de Agosto - Octubre 2017**

#### **4.9. PLANTEAMIENTO DE PROPUESTA DE SISTEMA DE TRATAMIENTO ADECUADO PARA LOS EFLUENTES GENERADOS EN EL CAMAL MUNICIPAL DEL DISTRITO DE TUMAN**

Después de haber obtenido los resultados de los análisis físico químicos y microbiológicos realizados a las muestras de aguas residuales provenientes del camal municipal del distrito de Tuman, nos muestran que existe una marcada contaminación debido a las acciones propias de la actividad compuesta por la presencia de aceites y grasas, DBO<sub>5</sub>, DQO, Coliformes totales – fecales y Sólidos sedimentables, los cuales se encuentran fuera de los Estándares de Calidad Ambiental para la descarga de efluentes líquidos.

Ante la problemática encontrada se proponen alternativas de sistema de tratamiento de aguas, debido a que el camal municipal no cuenta con ningún sistema para tratar sus aguas residuales, salvo las rejillas las cuales no tienen un diseño técnico específico, para lo cual se deberá identificar la opción más recomendable y ventajosa en elegir un diseño de tratamiento que incluya una propuesta cuyos parámetros se encuentren dentro de los rangos permitidos , y con el objetivo de ser económicamente viable y amigable con el medio ambiente, de tal manera poder reutilizar el agua para el riego de plantas de tallo corto.

##### **4.9.1. TRATAMIENTO PRELIMINAR**

Está comprendido por una serie de tratamientos físicos que pretenden separar del agua residual aquellos sólidos gruesos que, posteriormente pueden producir deficiencias y obstrucciones mecánicas en el sistema. (Trapote et.al., 2012).

- **Desbaste (Rejas):** Las rejas de desbaste de tipo manual, por ser fácil de limpiar y manipular. Esta operación física tiene como objetivo eliminar los sólidos gruesos y sedimentables por retención, separando así cuerpos voluminosos flotantes y en suspensión que arrastra el agua residual del beneficiado (coágulos de sangre, grasas, restos de vísceras, trapos, entre otros). Con este tratamiento se garantiza el buen



funcionamiento y eficiencia de las unidades posteriores del sistema, evitando así perjuicios a los equipos

- **Trampa Grasa o Desengrasador** : Se utiliza para un tratamiento de separación de materiales sólidos de difícil sedimentación o filtración, como para las grasas y aceite, es necesario separar estos contaminantes de los efluentes, ya que incrementan la DBO en un 20 y 30 % de las contenidas en las aguas residuales.

#### **4.9.2. TRATAMIENTO PRIMARIO**

Teniendo como referencia la caracterización de las aguas residuales, no fue necesario un tratamiento primario.

#### **4.9.3. TRATAMIENTO SECUNDARIO**

Debido a la variedad de procesos biológicos que pueden ser aplicados al tratamiento de efluentes, es indispensable conocer las ventajas y desventajas de cada uno para luego, por medio del uso de factores ponderados, seleccionar el adecuado para el sistema propuesto.

- **Filtros Percoladores:** Este filtro consiste en un recipiente, en forma rectangular, que contiene un medio a través del cual el agua pueda fluir y donde proliferan las bacterias y demás microorganismos que se encargan de consumir la materia orgánica que se desea remover del agua de tratamiento. El medio filtrante suele estar formado por piedras o diferentes materiales plásticos. En las capas externas la degradación es por vía aerobia, mientras que cerca de la superficie del medio filtrante se crea un ambiente anaerobio por el espesor de la película. Sus ventajas y desventajas se observan en la **Tabla 21**.
- **Sistemas Biológicos Rotativos de Contacto (RBC- Biodiscos):** Serie de discos circulares de plástico, situados sobre un eje central perpendicular corta distancia uno del otro. Los discos están parcialmente

sumergidos en el efluente y giran lentamente en el seno de la misma. De esta manera, los microorganismos responsables del tratamiento se adhieren a la superficie del disco hasta formar una película biológica, que se pone en contacto, de forma alternativa, con la materia orgánica y con la atmosfera, permitiendo la transferencia de oxígeno. Los sólidos desprendidos de los discos pueden ser transportados a un sedimentador primario. (Metcalef et al., 1995). Algunas ventajas y desventajas se visualizan en la **Tabla 22**.

- **Lodos Activados:** El proceso consiste en introducir el agua en un reactor donde se mantiene en suspensión una masa activa de microorganismos, capaz de estabilizar la materia orgánica por vía aerobia. Después de haber removido la materia orgánica presente en el agua residual, ésta es llevada a un sedimentador en el cual se lleva a cabo la separación de la biomasa desde el líquido, una parte de las células sedimentadas es recirculada para mantener la concentración deseada de organismos en el reactor. El ambiente aerobio se consigue mediante el uso de difusores o aireadores mecánicos, que también sirven para mantener el líquido en estado de mezcla completa. En la **Tabla 23** se muestra las ventajas y desventajas del uso de lodos activados en el tratamiento de efluentes.
- **Reactores Anaeróbicos:** Consisten en un tanque cerrado con un agitador donde tiene una entrada para el agua residual a tratar y dos salidas, una para el biogás generado y otra para la salida del efluente. Este efluente se lleva a un decantador donde es recirculada la biomasa de la parte inferior del decantador al reactor, para evitar la pérdida de la misma. Los principales problemas que presentan radican en la necesidad de recircular los lodos del decantador y de una buena sedimentación de los mismos. Sus ventajas y desventajas se muestran en la **Tabla 24**.

- **Lagunas de Estabilización:** Son grandes estanques de retención, con diques de tierra usados para contener las aguas residuales mientras se produce la sedimentación o degradación biológica; se suelen clasificar según su naturaleza del proceso biológico que en ellas se lleva a cabo en: anaerobias, aerobias, facultativas y de maduración. En la **Tabla 25** se muestran las ventajas y desventajas.

#### 4.9.4. TRATAMIENTOTERCARIO

El tratamiento de los efluentes generados en el camal municipal del distrito de Tumán finalizará con un tratamiento terciario, pues el agua tratada será reutilizada, por lo que es necesario eliminar microorganismos del grupo de las Coliformes (Totales y Fecales) con procesos eficientes y de bajo costo, entre los cuales se encuentra la desinfección.

**A. Desinfección:** Su objetivo es garantizar la calidad de la misma desde el punto de vista microbiológico, es un proceso selectivo: no destruye todos los organismos presentes en el agua y no siempre elimina todos los organismos patógenos; por ello es indispensable desplegar los esfuerzos necesarios para que los procesos de tratamiento previos sean efectivos y eficientes.

Según el Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente (CEPIS), el **cloro** es, sin duda alguna, el agente más importante que existe para un proceso de desinfección, debido a que reúne todas las ventajas requeridas, incluyendo su fácil dosificación y costo conveniente, sin embargo, presenta algunas desventajas como: -

- Es muy corrosivo.
- Puede producir sabor desagradable en el agua, incluso en concentraciones que no significan riesgo para el consumidor.
- Su manejo y almacenamiento requiere ciertas normas de seguridad, para evitar riesgos en la salud de los operadores.

Es importante saber que el cloro, en condiciones normales de presión y temperatura, se encuentra como un gas verde, dos veces y media más

pesado que el aire, lo que es una desventaja para su adquisición y manipulación, sin embargo existe una cierta cantidad derivados cuya eficiencia de desinfección es idéntica a la del cloro, siendo los más utilizados los que se describe a continuación.

- **Hipoclorito de Calcio:  $\text{Ca}(\text{ClO})_2$**  : Se encuentra en forma de polvo, y puede mantenerse estable por un periodo de un año si las condiciones de almacenamiento son adecuadas. Es un agente potente oxidante, por esta razón debe almacenarse en un lugar aislado, seguro, fresco y seco, pues en contacto con materiales combustibles puede ocasionar incendio
- **Hipoclorito de Sodio:  $\text{NaClO}$** : Es un líquido de color amarillento, con un promedio de 15% de cloro activo. En el Perú, el Hipoclorito de Sodio contiene de 1 a 10% y se comercializa en depósitos de plástico o botellas de vidrio. Al igual que el Hipoclorito de Calcio, su estabilidad depende de las condiciones de almacenamiento, en especial, de su contacto con la luz. Por ser una solución, su estabilidad es menor y puede llegar hasta los tres meses.
- **Dióxido de Cloro ( $\text{ClO}_2$ )**: Es producto de la reacción entre una solución de ácido clorhídrico sobre una solución acuosa de clorito de sodio. Su uso permite una rápida eliminación de bacterias en un rango de pH superior al del cloro, lo que lo hace particularmente recomendable para aguas alcalinas, donde su velocidad de desinfección es superior a la del cloro. Es un gas muy oxidante y no puede ser transportado en estado líquido como el hipoclorito, pues debido a su peligro explosivo debe ser fabricado en el punto de uso.

Para seleccionar el agente adecuado para el proceso de desinfección propuesto en esta investigación, se analizaron las ventajas y desventajas de cada agente, tal como se muestra en la **Tabla 26**.

**Tabla 21 Ventajas y Desventajas del Tratamiento por Filtros Percoladores**

<b>VENTAJAS</b>	<b>DESVENTAJAS</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Más simples</li> <li>- Bajo costo de operación y mantenimiento</li> <li>- Producción de poco lodo</li> <li>- Fácil manejo</li> <li>- Bajo costo de energía</li> <li>- Cantidad de terreno mediano</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Remueven el 85% DBO (comparando con lodos activados tiene un porcentaje de remoción del 95%)</li> <li>- Retienen agua residual durante 2 días.</li> </ul>

Fuente: Tchobanoglous (2003)

**Tabla 22 Ventajas y Desventajas del Tratamiento por Sistemas Biológicos Rotativos de Contacto (RBC) O Biodiscos**

<b>VENTAJAS</b>	<b>DESVENTAJAS</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Efluente tratado, generalmente aptos para su vertido.</li> <li>- Eficacia del tratamiento como en el caso de lodos activados.</li> <li>- Área mínima.</li> <li>- Bajo consumo de energía.</li> <li>- Tiempo de residencia bajos.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Inversión inicial es alta.</li> <li>- Lodos inestables.</li> <li>- Mayor capacitación para operadores.</li> <li>- No soporta variaciones de carga cuando hay exceso de contaminantes.</li> </ul>

Fuente: Tchobanoglous (2003)

**Tabla 23 Ventajas y Desventajas del Tratamiento por Lodos Activados**

<b>VENTAJAS</b>	<b>DESVENTAJAS</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Tienen una remoción de carga contaminante del 80 hasta 95%</li> <li>- Efluentes tratados aptos para ser vertidos.</li> <li>- Menor requerimiento de terreno.</li> <li>- Lodos parcialmente estables.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Tiene elevado coste energético debido al sistema de aireación.</li> </ul>

Fuente: Tchobanoglous (2003).

**Tabla 24 Ventajas y desventajas del tratamiento con Reactor Anaerobio**

<b>VENTAJAS</b>	<b>DESVENTAJAS</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Bajo coste y demanda energética</li> <li>- Eficiencia de remoción : DBO5: 80-95%, DQO : 80-90%, SST: 90-95%</li> <li>- Soporta variaciones de caudal y carga orgánica del afluente.</li> <li>- Operación no compleja.</li> <li>- Requerimiento mediano de terreno</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Necesidad de energía eléctrica</li> <li>- Altos tiempos de retención de 30 a 60 días</li> <li>- Generación mediana de lodo</li> </ul>

Fuente: Tchobanoglous (2003).

**Tabla 25 Ventajas y desventajas del tratamiento por lagunas de Estabilización**

VENTAJAS	DESVENTAJAS
<ul style="list-style-type: none"> <li>-</li> <li>- Eficiencia de remoción: DBO 70 – 90%, DQO 60 – 80%, N 10 - 15%.</li> <li>- No requiere personal calificado para su mantenimiento.</li> <li>- Tiempo de retención de 3 a 6 días.</li> <li>- Bajo costos de energía.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Requiere de grandes extensiones de terreno.</li> <li>- Puede despedir olores indeseables.</li> <li>- Necesita sol y temperatura constante</li> <li>- Insensibles a las variaciones de carga contaminante</li> <li>- Complejidad en la extracción de lodos y su eliminación.</li> </ul>

Fuente: Tchobanoglous (2003).

**Tabla 26 Ventajas y desventajas de los Desinfectantes**

AGENTE	VENTAJAS	DESVENTAJAS
<b>Hipoclorito de Calcio: <math>\text{Ca}(\text{ClO})_2</math></b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Muy eficaz cuando se usa correctamente.</li> <li>- Fácil de transportar y almacenar.</li> <li>- Presenta más estabilidad que el hipoclorito de sodio.</li> <li>- No deja productos insolubles indeseables.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Baja solubilidad.</li> <li>- Puede causar obstrucciones.</li> <li>- Puede producir incendio si se almacena con otros materiales combustibles.</li> </ul>
<b>Hipoclorito de Sodio: <math>\text{NaClO}</math></b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Alta eficiencia microbicida.</li> <li>- Toxicidad baja.</li> <li>- Acción potente y rápida.</li> <li>- Bajo costo.</li> <li>- Fácil manipulación y transporte</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Estabilidad inmediata</li> <li>- Corrosivo.</li> <li>- Puede causar dermatitis.</li> </ul>
<b>Dióxido de Cloro: <math>\text{ClO}_2</math></b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Su aplicación no causa deterioro del sabor ni olor.</li> <li>- Posee propiedades bactericidas, esporicidas y destructoras de virus</li> <li>- No se afecta por cambios del pH.</li> <li>- No reacciona con la mayoría de compuestos orgánicos</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Requiere un alto costo inicial.</li> <li>- No puede ser almacenado, tiene que generarse en el sitio de uso.</li> <li>- Tiene carácter explosivo.</li> </ul>

Fuente: Acosta (2016)

Debido a la eficiencia microbicida, bajos costos y no presenta ningún riesgo en cuanto a su manipulación y almacenamiento, tal como se ha explicado en la **Tabla 26** el Hipoclorito de Sodio es el agente desinfectante que se seleccionó para el proceso de desinfección en el sistema de tratamiento propuesto.



#### **4.10. FACTORES DE SELECCIÓN DEL TRATAMIENTO ADECUADO PARA LOS EFLUENTES GENERADOS EN EL CAMAL MUNICIPAL DEL DISTRITO DE TUMAN**

##### **4.10.1. Uso de Factores Ponderados para la Selección del Tratamiento Secundario**

Para poder seleccionar e implementar un tratamiento adecuado de las aguas residuales generadas en el camal, para la reutilización en el riego de plantas de tallo corto, se utilizará el Método de Factores Ponderados, para lo cual se consideró los siguientes factores:

- a) Eficiencia de Remoción:** Es el porcentaje de remoción de las cargas contaminantes de DBO, DQO y SST de las aguas residuales. Para determinar este factor se analizó la eficiencia de remoción de cada tipo de tratamiento descrito en el punto 2.1.11 (**Tabla 7**) donde muestra los porcentajes de remoción de carga contaminante.
- b) Costos de operación y mantenimiento:** Determina la factibilidad de cada tratamiento evaluado basándose en costos de operación y mantenimiento, los cuales incluye el costo de mano de obra, costo de energía eléctrica, materiales y herramientas.
- c) Calidad del agua tratada:** Junto a la eficiencia de remoción es uno de los factores más importantes al momento de seleccionar el tratamiento adecuado para tratar los efluentes, pues determina si el agua tratada puede ser o no reutilizada. La calidad del agua tratada está relacionada directamente con la eficiencia de remoción pues el tratamiento seleccionado debe tener la capacidad de eliminar la mayor carga contaminante de los efluentes.
- d) Área mínima:** Área requerida para la instalación del sistema de tratamiento, permite conocer si es factible la instalación dentro del camal, conocer si cuenta con área disponible y determinar que tratamiento evaluado cumple con los requerimientos según la cantidad

de terreno con la que se cuenta .Se conoce que el Camal Municipal del distrito de Tumán cuenta con un área disponible de 2 053.722 m<sup>2</sup>, por lo que se debe analizar que tratamiento es el que más se adecua a este.

- e) **Consumo de energía:** Es un factor determinante para evaluar los costos por el uso de este insumo en cada tratamiento evaluado .Entre los tratamientos que pueden incurrir mayor consumo de energía tenemos: lodos activados y los sistemas biológicos rotativos.
- f) **Mano de obra:** Los tratamientos de efluentes requieren en su operación personal calificado, el cual se traduce en un costo de mano de obra. Se compara según la complejidad de funcionamiento, la cantidad de personal que puede laborar, cuanto más compleja es la operación el tratamiento requerirá de mayor personal.
- g) **Tiempo de retención:** Este factor nos permite comparar, entre los tratamientos evaluados, el tiempo de retención de los efluentes en sus operaciones. Esto debido a que cuanto mayor sea el tiempo de retención en un tratamiento se pueden llegar a generar olores desagradables en el sistema de tratamiento lo cual afecta el desenvolvimiento del personal encargado. Algunos tratamientos con un elevado tiempo de retención podemos mencionar a las lagunas de estabilización.
- h) **Generación de lodos:** Este factor determina que tratamiento evaluado genera una mayor cantidad de residuos sólidos, pues a través de esto se puede evaluar si posteriormente estos residuos podrán pasar a un tratamiento para su reutilización o eliminación. Entre los tratamientos que menos generan son el tratamiento por lodos activados, ya que gran parte de estos residuos son aprovechados a través de la recirculación hacia una digestión aerobia.

#### 4.10.2. Comparación de factores

Luego de haber analizado cada factor, se procede a asignarle una letra a cada uno, lo cual permitirá una fácil interpretación en la matriz de comparación de factores y elegir de acuerdo a la mayor puntuación, que factores son los más importantes para la selección del tratamiento de los efluentes:

A= Eficiencia de remoción.

B= Costos de operación y mantenimiento.

C= Calidad del agua tratada

D= Área mínima.

E= Consumo de energía

F= Mano de obra.

G= Tiempo de retención.

H= Generación de lodo

I= Tecnología

J= Impacto Ambiental

En la **Tabla 27** se muestra la comparación entre factores que han sido considerados por ser relevantes para la toma de decisiones en cuanto a los distintos aspectos que pueden ser evaluados en el proceso para el tratamiento de aguas residuales del Camal Municipal del Distrito de Tumbán, dicho análisis estuvo basado en el criterio de relación, el cual se determinó por medio de la relación y conexión que existe entre estos, dando el valor de 1 si hay relación entre factores y el valor de 0 si no existe relación alguna, por lo tanto los resultados muestran que los factores más importantes a tener en cuenta para la elección del tratamiento son: Eficiencia de remoción, Costos de Operación, Calidad del agua tratada. Tecnología e Impacto Ambiental, siendo estos los que obtuvieron el mayor porcentaje en el análisis.

**Tabla 27 Análisis entre Factores Ponderados**

<b>Factores</b>	<b>A</b>	<b>B</b>	<b>C</b>	<b>D</b>	<b>E</b>	<b>F</b>	<b>G</b>	<b>H</b>	<b>I</b>	<b>J</b>	<b>CONTEO</b>	<b>PONDERADO (%)</b>
<b>A</b>	-	1	1	1	1	1	1	1	1	1	9	12.32
<b>B</b>	1	-	1	1	1	1	0	1	1	1	8	10.95
<b>C</b>	1	1	-	1	1	1	1	1	1	1	9	12.32
<b>D</b>	1	1	1	-	0	1	1	1	1	0	7	9.58
<b>E</b>	1	1	1	0	-	0	1	0	1	0	5	6.84
<b>F</b>	0	1	1	0	1	-	0	0	1	0	4	5.47
<b>G</b>	1	1	1	0	1	0	-	1	1	1	7	9.58
<b>H</b>	1	0	1	1	1	0	1	-	1	1	7	9.58
<b>I</b>	1	1	1	1	1	1	1	1	-	1	9	12.32
<b>J</b>	1	1	1	1	1	0	1	1	1	-	8	10.95
<b>TOTAL</b>											<b>73</b>	<b>100</b>

**Tabla 28 Rango de calificación según factores**

<b>ESCALA</b>	<b>PUNTAJE</b>
<b>Excelente</b>	100
<b>Muy Buena</b>	80
<b>Buena</b>	60
<b>Regular</b>	40
<b>Mala</b>	20

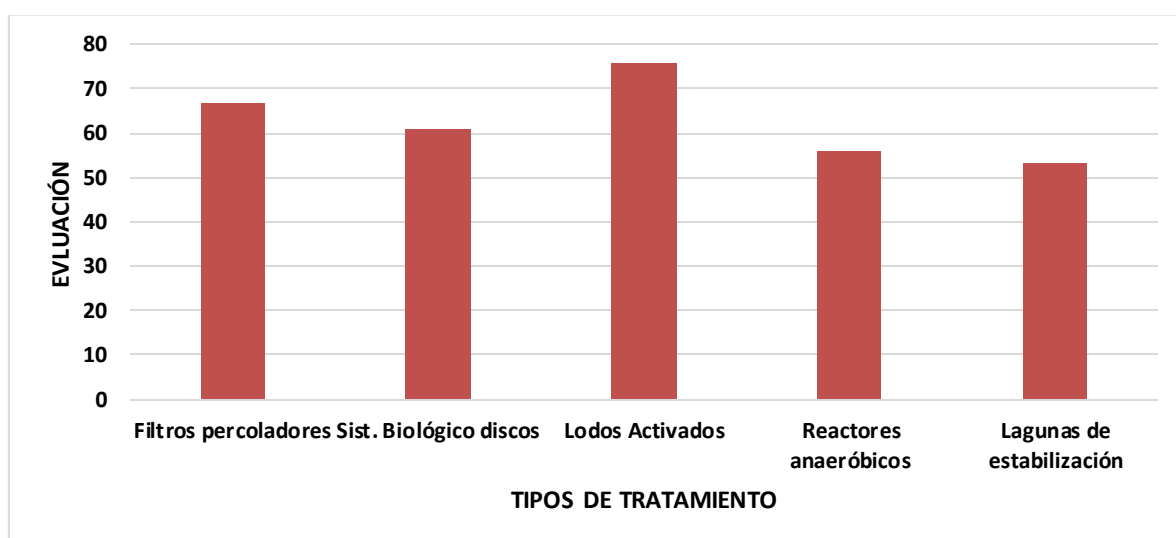
Fuente: Elaboración Propia

**Tabla 29 Calificación de los factores para cada tratamiento analizado**

Tratamiento		Filtros percoladores		Sist. Biológico discos		Lodos Activados		Reactores anaeróbicos		Lagunas de estabilización	
Factor	Ponderado (%)	Calif.	Puntaje	Calif.	Puntaje	Calif.	Puntaje	Calif.	Puntaje	Calif.	Puntaje
A	12.32	80	9.85	60	7.39	100	12.32	40	6.57	40	4.92
B	10.95	80	8.76	40	4.38	20	2.19	40	4.38	80	8.76
C	12.32	60	7.39	80	9.85	100	12.32	40	4.92	40	4.92
D	9.58	80	7.66	80	7.66	100	9.58	60	5.74	60	5.74
E	6.84	60	4.10	40	2.73	40	2.73	80	5.47	100	6.84
F	5.47	80	4.37	60	3.28	60	3.28	60	3.28	40	2.18
G	9.58	40	3.83	60	5.74	100	9.58	60	5.74	40	3.83
H	9.58	60	5.74	60	5.74	80	7.66	80	7.66	20	1.91
I	12.32	60	7.39	60	7.39	60	7.39	60	7.39	60	7.39
J	10.95	60	6.57	60	6.57	80	8.76	60	6.57	60	6.57
TOTAL		66.66		60.73		75.81		56.05		53.06	

Fuente: Elaboración propia

**Figura N° 20 Evaluación de Tipos de Tratamiento**



Después de evaluar a base de factores ponderados, se procedió a escoger el tratamiento adecuado según criterio, otorgando una calificación cuyo rango fue de 20 a 100 (**Tabla 28**), de tal manera que se consideró una mayor calificación al factor que guarde una relación estrecha con las características de cada tratamiento evaluado , tal como muestra la **Tabla 29** , el tratamiento adecuado elegido para tratar las aguas residuales fue por Lodos Activados y Filtros Percoladores, debido a que presentan un mayor puntaje de calificación frente a los demás tratamientos evaluados considerando la eficiencia de remoción que tiene frente a los otros tratamientos evaluados , pues son capaces de remover entre 85 – 95% de carga contaminante presente , generando una calidad de agua tratada con baja presencia microbiana lo cual es útil para la presente investigación.

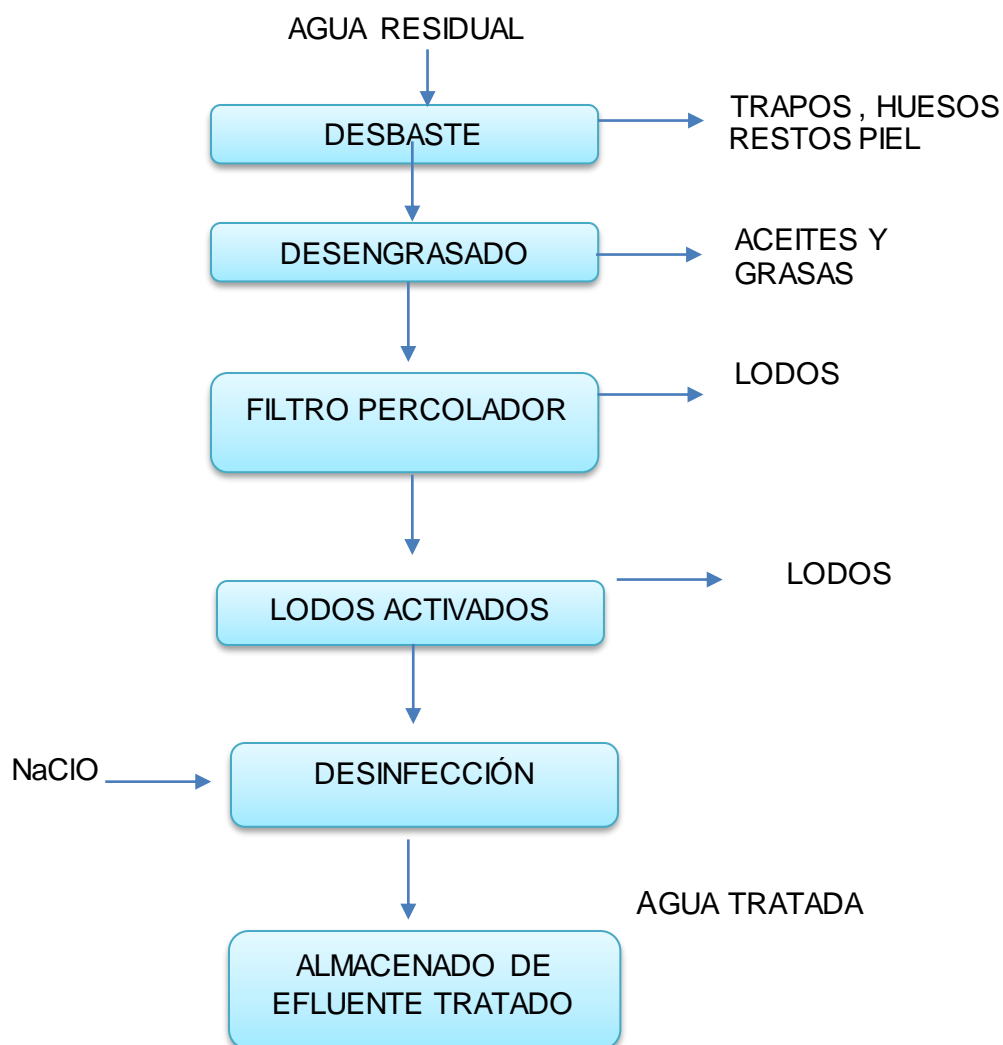
#### **4.11. SELECCIÓN DEL SISTEMA DE TRATAMIENTO ELEGIDO PARA LAS AGUAS RESIDUALES DEL CAMAL MUNICIPAL DEL DISTRITO DE TUMÁN**

Según los datos evaluados líneas arriba, se ha elegido el siguiente sistema de tratamiento basado en la eficiencia de remoción de la carga contaminante, en la calidad de agua tratada, en el nivel de tecnología de fácil operación y en el aspecto ambiental para alcanzar la calidad requerida según legislación vigente:

En todo sistema de tratamiento es sumamente importante empezar por un Tratamiento Preliminar , el cual irá separando del agua residual la mayor cantidad de material que por su naturaleza y tamaño generen problemas (deficiencia en los equipos o atoro de las tuberías), así como el mejoramiento de la eficiencia de los procedimientos siguientes, que incluye Rejillas de desbaste las cuales serán de tipo manual de tal manera que facilite la limpieza y manipulación de las mismas, y al mismo tiempo para detener la mayor cantidad de sólidos gruesos como: pedazos de grasa, cueros, huesos, , pelos, etc. seguido de un Trampa Grasa o Desengrasador que permitirá la eliminación de grasas , aceites y demás materiales flotantes más ligeros que el agua, de esta manera se evita la sobrecarga de las siguientes unidades de tratamiento ,

seguido de un Tratamiento Secundario, para producir agua tratada con bajos niveles de materia orgánica y materia suspendida, incluye un tratamiento biológico cuya agua residual pasará a un filtro percolador para que puedan ser tratados los lodos activos, finalmente habrá una etapa de Tratamiento Terciario para aumentar la calidad del efluente al estándar requerido antes de que éste sea descargado al ambiente receptor , tal es así que se ha considerado la Desinfección a través del Hipoclorito de Sodio , por ser el más usado siendo el más acertado para la eliminación de bacterias entre ellas las del grupo Coliformes al medio.

#### 4.12. DIAGRAMA GENERAL DEL PROCESO DE LA PROPUESTA ELEGIDA



**Figura N° 21 : Diagrama del Proceso de Tratamiento de Aguas Residuales del Camal municipal del Distrito de Tumán Propuesto**



#### 4.13. PORCENTAJES DE REMOCION EN CADA ETAPA DEL PROCESO ELEGIDO PARA EL TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES

**Tabla 30 Porcentajes de Remoción por etapas de la propuesta**

TRATAMIENTO	DESCRIPCIÓN	REMOCIÓN (%)					
		DBO <sub>5</sub>	DQO	SST	Aceites Grasas	CT	CF
<b>PRELIMINAR</b>	Rejas de Desbaste	5-10	5-10	5-20	5-20	-	-
Remueve material sólido suspendidos gruesos y arenas	Desengrasador	20-35	15-22	10-35	10-15	-	-
<b>SECUNDARIO</b>							
Procesos biológicos con una eficacia de remoción de DBO soluble mayor a 80%	Filtros Percoladores	75-95	75-85	50-92	65-80	35-45	35-45
Remover materia orgánica soluble y suspendida, eliminar patógenos y otros contaminantes	Lodos Activados	80-95	80-95	80-90	85-95	70-90	70-90
<b>TERCIARIO</b>							
Remueve sólidos suspendidos a través de microfiltración además en este nivel se remueven	Cloración	-	-	-	-	99	99

Fuente: Elaboración propia, basada en Tchobanoglous et.al(2003), NP OS 090

#### 4.14. BALANCE DE MATERIA DEL SISTEMA DE TRATAMIENTO PARA LAS AGUAS RESIDUALES DEL CAMAL MUNICIPAL DEL DISTRITO DE TUMÁN

##### A. Balance de materia en el Desbaste:

Porcentajes de Remoción:

- DBO = -----
- DQO = -----
- SST = -----
- Ac y G = -----



##### Carga de Entrada

Con Trapos , restos de piel , huesos etc.

##### Carga de Salida

Sin Trapos , sin restos de piel , sin huesos etc.

##### B. Balance de materia en el Desengrasador o Trampa Grasa:

Porcentajes de Remoción :

- DBO: 32%
- DQO: 20%
- SST: 32%
- A y G: 13%



##### Carga de Entrada

DBO= 2209.33mg/L  
 DQO= 2602.66 mg/L  
 SST=44.5 mg/L  
 Ac y G=37.7 /L

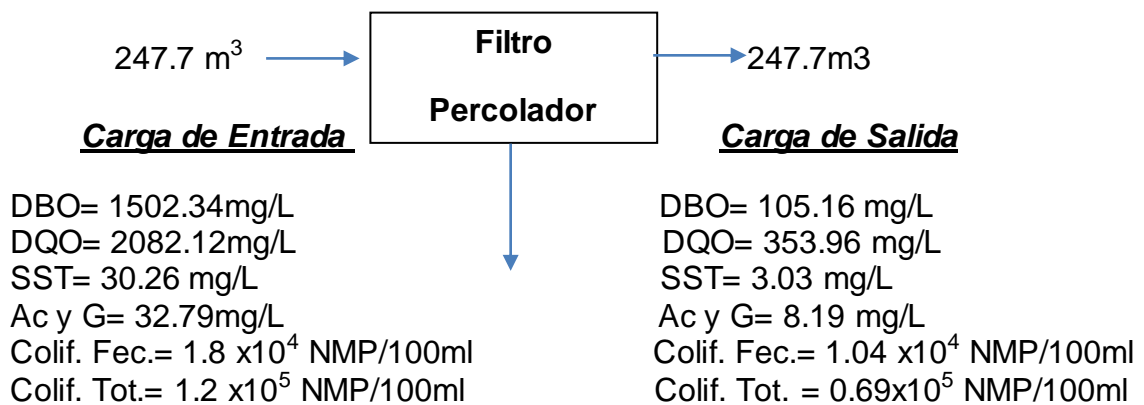
##### Carga de Salida

DBO= 1502.34mg/L  
 DQO= 2082.12 mg/L  
 SST= 30.26 mg/L  
 Ac y G= 32.79 mg/L

### C. Balance de materia en Filtro percolador:

Porcentajes de Remoción:

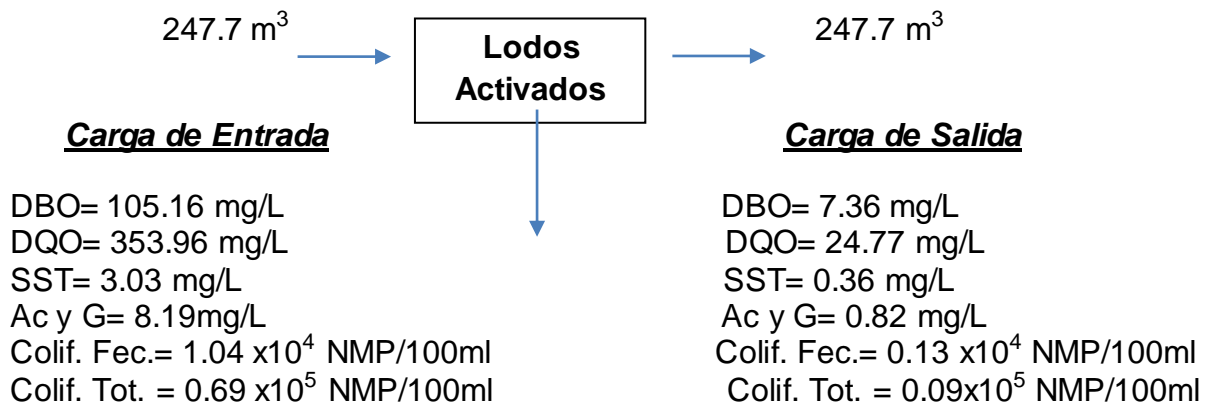
- DBO: 93%
- DQO: 83%
- SST: 90%
- Ac y G: 75%
- Coliformes Fecales: 42%
- Coliformes Totales: 42%



### D. Balance de materia en Lodos Activados :

Porcentajes de Remoción:

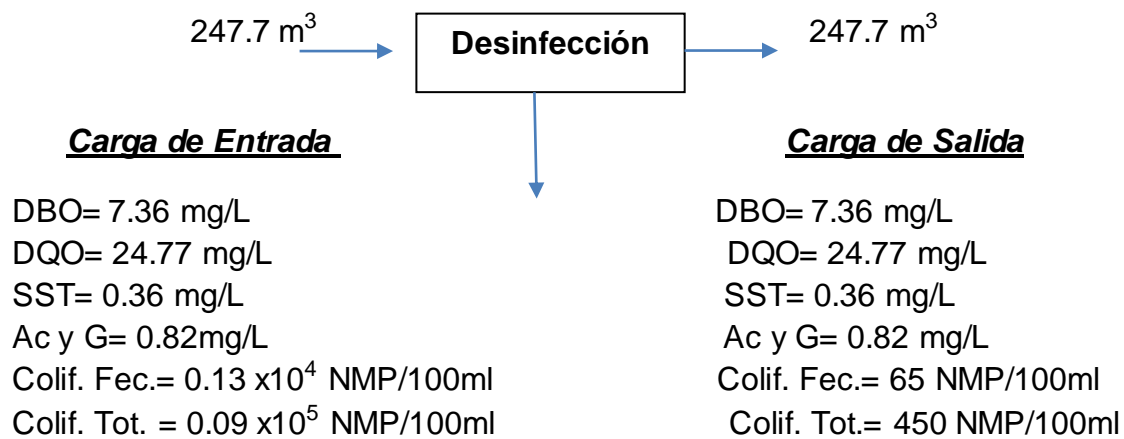
- DBO: 93%
- DQO: 93%
- SST: 88%
- Ac y G: 90%
- Coliformes Fecales: 87%
- Coliformes Totales: 87%



### E. Balance de materia en la Desinfección :

Porcentajes de Remoción

- DBO: -----
- DQO: -----
- SST: -----
- Ac y G: ----
- Coliformes Fecales: 95%
- Coliformes Totales: 95%



#### **4.15. COMPARACIÓN DE PARÁMETROS FINALES DE LOS BALANCES DE MATERIA CON LOS PARÁMETROS SEGÚN NORMATIVIDAD VIGENTE Y CRITERIOS DE REÚSO**

En la **Tabla 31 y 32** se muestran los parámetros finales obtenidos después del sistema de tratamiento de aguas residuales propuesto para el camal Municipal del Distrito de Tumán comparados con la Normatividad vigente D.S. N° 031-2010-S.A ; D.S. N° 004-2017 – MINAM; D.S. N° 015-2015-MINAM ; D.S. N° 009 – MINAM, y para descarga de efluentes líquidos de la actividad , los cuales que después de haber sido tratados con el sistema de tratamiento propuesto llegan a obtener los valores permitidos sujetos a lo dispuesto según las normas (MINAM)

Asimismo se comparó los resultados obtenidos con los parámetros referidos a la reutilización del agua tratada según el reglamento de autorización para el vertimiento y reúso de aguas residuales Resolución Jefatural N° 224-2013-ANA en su Reglamento para Otorgamiento de Autorizaciones de Vertimiento y reúso de Aguas Residuales Tratadas en su ART. 14°, (**Tabla 32**)

**Tabla 31 Comparación de Parámetros Físicos Químicos Agua Cisterna (M1)  
Agua de Proceso (M2)**

PARÁMETROS	LMP	
MUESTRAS AGUAS (M1 – M2 )	PROMEDIO	DS-031-2010-SA
Ph	6.9	
Temperatura (°C)	25.0	
Turbiedad, NTU	0.96	5
Conductividad us/cm	1272.66	1500
Cloruro, mg/L	131.5	250
Sulfatos, mg/L	217.23	250
Fierro, mg/L	0.15	0.3
Cobre, mg/L	0.0018	2
Zinc, mg/L	0.016	3
Sodio, mg/L	44.01	200
Coliformes Totales NMP/100	<1.8	≤1.8/100ml
Coliformes Fecales NMP/100	1.8	≤1.8/100ml

Fuente: Elaboración propia, basada en resultados EPSEL S.A. y Lab. UDL 2017

**Tabla 32 Comparación de Parámetros Físicos Químicos y Microbiológicos de  
Canaleta Interna (M3), Tubo desfogue 1° (M4), Tubo Desfogue 2° (M5)**

PARÁMETROS	PROMEDIO PARÁMETROS DE EFLUENTES CAMAL TUMÁN	PARÁMETROS TRATADOS EN SISTEMA PROPUESTO	D.S 004-2017 MINAM LMP	D.S 015 -2015 MINAM ECAS
DBO <sub>5</sub> , mg/L	2209.33	7.36	15	15
DQO, mg/L	2602.66	24.77	40	40
SST, mg/L/h	44.5	0.36	300	D.S. 2009 MINAM
Aceites y grasas, mg/L	37.7	0.82	5	5
Coliformes Totales NMP/100ml	2.2 X10 <sup>5</sup>	450 NMP/100ml	-	1000
Coliformes Termotolerante NMP/100 ml	2.6X10 <sup>4</sup>	65 NMP/100ml	1000- 2000	1000

Fuente: Elaboración propia , basada en resultados EPSEL S.A. y Lab. UDL 2017

#### **4.16. POSIBLES IMPACTOS GENERADOS POR RESIDUOS DEL SISTEMA DE TRATAMIENTO**

En todo tratamiento de aguas residuales se generan residuos que son productos de cada una de las etapas del proceso, en tal sentido se enumerarán los posibles impactos que pueda originar el sistema propuesto en el Camal municipal del distrito de Tumán, de tal manera que se pueda realizar una propuesta para su disposición final adecuada. **(Tabla 33)**

#### **4.17. ANÁLISIS COSTO BENEFICIO DE LA IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES PROPUESTO**

Actualmente es importante el estudio referido al tratamiento de aguas residuales, tanto en el aspecto económico, ambiental y sostenible que será de relevancia para la población, logrando así un desarrollo verdaderamente sostenible. Es por ello que este proyecto propuesto al Camal Municipal del Distrito de Tumán, tendrá la capacidad de tratar aguas residuales, lo cual permitirá la minimización de la contaminación ocasionada.

##### **A.- Costos de Inversión**

La determinación de la inversión se realizó considerando tres aspectos muy importantes los cuales son:

- ***La inversión fija o tangible:*** costos de maquinarias, equipos de la planta, del terreno (para este caso no se considera debido a que la empresa cuenta con área disponible para la instalación), construcciones u obras civiles, el personal que laborará en la planta y los accesorios para la instalación.
- ***La inversión intangible:*** los gastos de la empresa y la puesta en marcha del sistema.
- ***El capital de trabajo*** que es el dinero con que se cuenta para la inversión.

## **B.- Gastos administrativos para la implementación de la alternativa de tratamiento**

Son los costos en que se incurren para mantener la operatividad y funcionamiento administrativo del sistema de tratamiento de aguas residuales generadas en el camal municipal del distrito de Tumbán, entre ellos tenemos:

- Delimitación de áreas de los puestos de trabajo
- Salarios de los trabajadores en general

En tal sentido el análisis costo - beneficio es una herramienta financiera indispensable en todo proyecto de tal manera que permitirá medir la relación entre ambos asociados con el fin de evaluar su viabilidad y rentabilidad.



**Tabla 33 Impactos generados por el sistema de tratamiento de aguas residuales  
propuesto**

<b>ETAPA</b>	<b>RESIDUOS E IMPACTOS</b>	<b>PROPUESTA DE DISPOSICIÓN FINAL</b>
<b>Desbaste y Trampa grasa</b>	Coágulos de sangre, restos de piel, grasas, pelos, huesos, trapos, sólidos gruesos que podrían originar deficiencia en el canal de entrada.	Residuos pueden ser manejados por los mismos operarios, de tal manera que se seleccionen en recipientes plásticos para su reutilización (sangre, grasas) para compostaje , alimento de algunos animales etc.
<b>Sedimentación Secundaria</b>	Lodos: podrían generar malos olores producidos por la falta de oxígeno en el tanque de recepción de lodos, ocasionando malestar a los trabajadores de empresa. Olores: propios de la sedimentación, se podría dar por el tiempo en que estarían los efluentes en los tanques sedimentadores.	Podría disponerse en un lecho de secado para lodos y de esta manera utilizarlo como abono de plantas. Se podría instalar un ventilador de techo en el centro de las instalaciones del camal, mismo que ayudará a disminuir los olores desagradables durante la jornada de trabajo e incluso ahuyentará a insectos voladores, y otros vectores de enfermedades
<b>Digestión aerobia</b>	Generación de gases entre los cuales se encontraría en biogás formado fundamentalmente por metano y dióxido de carbono	Se podría aprovechar el biogás como combustible para la generación de energía térmica y/o eléctrica beneficiando a la empresa la cual podría comercializar este gas generando ingresos económicos.

Fuente : Elaboración propia , basada en Acosta (2016)

## V. DISCUSIÓN

- Al recolectar información bibliográfica e in situ para la realización de este trabajo de investigación se constató que existe un vertimiento inadecuado de las aguas residuales a las acequias cercanas originadas por la actividad de faenado del Camal municipal del distrito de Tumbán; coincidiendo con **Bonilla (2007)** que afirma que la actividad de los camales municipales representa un grave daño ambiental por los vertidos directos de sus aguas a los recursos hídricos.
- Se revisaron posibles sistemas de tratamientos para las aguas residuales del camal municipal del distrito de Tumbán , seleccionando el sistema que resultó económicamente viable y amigable con el ambiente , obteniendo resultados óptimos para tratar dichas aguas , en este sentido **Muñoz (2005)** indicó que no es aconsejable elegir un tratamiento sofisticado porque sería muy costoso y sus resultados no siempre son óptimos , recomendando desinfectar siempre las aguas residuales finales ;lo cual coincide con este trabajo en la cual se aplicó un tratamiento de desinfección para poder reutilizar de acuerdo a la normatividad vigente.
- Según el sistema de tratamiento propuesto para este trabajo , en lo referido a la generación de residuos sólidos originados del proceso de faenamiento, con la finalidad del buen funcionamiento del sistema, minimizar la contaminación y la reducción de estos, se propone la selección antes de ser ingresados al sistema mismo , lo cual podría disponerse para elaboración de compost y alimento de animales, coincidiendo con **Bonilla (2007)**, que reporta la conveniente separación de los subproductos del faenado para ser utilizados en otras actividades y facilitar la operatividad del sistema.
- En los resultados obtenidos de la evaluación de las aguas residuales del camal municipal del distrito de Tumbán , se determinó que los parámetros que afectan la calidad de las aguas son: DBO<sub>5</sub> (2209.33 mg/L) , DQO (2602.66 mg/L) y Coliformes Totales ( $2.2 \times 10^5$  NMP/100ml) mientras que para **Briceño (2009)**, en

su estudio realizado los parámetros que afectaron la calidad de las aguas fueron Coliformes Fecales ( $8,7 \times 10^2$  a  $5 \times 10^3$  UFC/100 ml), Sólidos Disueltos Totales (139,1 a 288 mg/l) y, Turbidez (67,4 NTU) .

- Los análisis de los parámetros físico químicos y microbiológicos realizados a las aguas residuales del camal municipal del distrito de Tumbán (M3, M4, M5) arrojaron como resultados que los valores de todos estos se encuentran elevados según los parámetros de la normatividad referida al tema D.S.N°004-2017-MINAM; D.S.N°015-15-MINAM; D.S.2009-MINAM, coincidiendo en el estudio realizado por **Becerra, et al., (2014)**, donde manifiestan acerca de las aguas residuales de los camales de Trujillo en las cuales los parámetros se encuentran elevados según los establecidos en el D.S. 2009 MINAM , encontrando además otras bacterias.
- Al momento de seleccionar el sistema de tratamiento para las aguas residuales en esta investigación se contempló en todo criterio desde un tratamiento preliminar hasta un tratamiento terciario de tal manera que el agua tratada puede ser reutilizada, coincidiendo con **Arenas et al., (2010); Romero, (2012) y Espín (2013)**, donde plantearon alternativas para el tratamiento de las aguas residuales seleccionando un esquema desde pre tratamiento finalmente uno secundario, para remover los niveles de contaminantes.
- En esta investigación el sistema de tratamiento propuesto para las aguas residuales del camal municipal de Tumbán se contempló un tratamiento terciario considerando el proceso de Desinfección con un desinfectante conocido, comercial y eficaz sin generar contaminación residual, mientras que **Okuda et al.,( 2001)**, en su investigación afirmaron que en los procesos de tratamiento de aguas residuales se utilizan muchos agentes coagulantes de tipo inorgánico que pueden ser eficaces en los tratamientos .

## VI. CONCLUSIONES

- Se evaluaron las etapas del proceso para la obtención de carne para consumo humano en el Camal Municipal del Distrito de Tumán, en las cuales en cada una de ellas se determinaron los tipos de residuos que se generan.
- A través de la metodología planteada por la autora se pudo identificar los puntos críticos a evaluar, de tal manera que se pudieron caracterizar las aguas residuales con los parámetros físico químico y microbiológicos para poder conocer la cantidad de carga contaminante que poseen.
- Fue necesario caracterizar las aguas de procesamiento (**M1 y M2**) del camal municipal del distrito de Tumán con los parámetros físico químico y microbiológico; con la finalidad de conocer la calidad de estas utilizadas durante el proceso.
- Después de realizar el muestreo y análisis respectivo a las muestras de las aguas residuales del Camal Municipal del Distrito de Tumán se logró comparar los parámetros físico químico y microbiológico de las muestras obtenidas durante los meses de Agosto a Octubre 2017 con la normatividad vigente.
- Se plantearon y evaluaron diferentes sistemas de tratamiento para las aguas residuales del camal municipal del distrito de Tumán; estableciendo ventajas y desventajas de los mismos y poder elegir el adecuado.
- Asimismo se tuvo que seleccionar el sistema de tratamiento de agua residual a través del método de factores ponderados, el cual fue determinante para elegir el que cumpla con las características de ser eficiente y económicamente viable con el medio ambiente.
- El diseño del sistema de tratamiento lo conforman, un tratamiento preliminar (rejas de desbaste, trampa de grasas), , un tratamiento mediante un filtro percolador y por lodos activados y un tratamiento por desinfección, lo cual

reduce las cargas de DBO<sub>5</sub> a 7.36 mg/L; DQO a 24.77; Aceites y grasas a 0.82 mg/L , Sólidos Sedimentables Totales a 0.36 mg/L ; Coliformes Totales a 450 NMP/100ml y Coliformes Fecales a 65 NMP/100ml

- La implementación del sistema de tratamiento logrará que el 97% de los efluentes tratados sean reutilizables por el camal municipal del distrito de Tumán, logrando evitar el incumplimiento la normatividad vigente de los límites máximos permisibles del Ministerio del Ambiente.
- Asimismo se comparó los resultados obtenidos con los parámetros referidos a la reutilización del agua tratada según el reglamento de autorización para el vertimiento y reúso de aguas residuales Resolución Jefatural N° 224-2013-ANA en su Reglamento para Otorgamiento de Autorizaciones de Vertimiento y reúso de Aguas Residuales Tratadas en su ART. 14°.
- En los resultados obtenidos de los análisis físico químicos y microbiológicos realizados a las aguas del Camal Municipal de Tumán se determinó que las muestras denominadas M1 (Agua de Cisterna Externa ) y M2 (Agua de Proceso de Grifos) no existe contaminación alguna , encontrándose dentro de los Límites Máximos Permisibles por la normatividad vigente según D.S. 031 – 2010 – S.A ,considerándose unas muestras homogéneas debido a que no presentan variabilidad representativa de las mismas ;mientras que los resultados obtenidos de las muestras denominadas M3 (Canaleta Interna) , M4 (Tubo Desfogue 1° - faena vacunos) y M5 (Tubo Desfogue 2° - faena porcinos) , los parámetros promedios: DBO (2209.33 mg/L) , DQO (2602.66 mg/L), SST (44.5 mg/L), Aceites y Grasas (37.7 mg/L) , Coliformes Totales ( $2.2 \times 10^5$  NMP/100ml) y Coliformes Fecales ( $2.6 \times 10^4$  NMP/100ml) se encuentran fuera de los LMP , ECAS , establecidos en los D.S. N° 004 - 2017 – MINAM , D.S .N° 015-2015-MINAM; D.S.2009–MINAM, determinando que existe una contaminación alta que superan dichos valores y los parámetros de PH y Temperatura se encuentran dentro de los valores permitidos , indicando que la muestra denominada M5 (Tubo Desfogue 2° - faena porcinos) , es la que tiene mayor cantidad de carga contaminante en el parámetro DBO<sub>5</sub> , DQO y Aceites

y Grasas, mientras que la M3 tiene elevado el parámetro Coliformes Totales y la M4 el parámetro elevado es SST.

- Finalmente se afirma que se pudo obtener a través del sistema de tratamiento propuesto aguas residuales del Camal Municipal del Distrito de Tumán para ser reutilizadas en el riego de plantas de tallo corto cuyos parámetros obtenidos en los resultados se encuentran dentro de los valores permitidos por la legislación y por las sugerencias de las Guías establecidas por la OMS (Organización Mundial de la Salud)

## **VII. RECOMENDACIONES**

- La Municipalidad Distrital de Tumán debe elaborar y aprobar una ordenanza de carácter ambiental que permita prevenir y controlar los impactos negativos al medio ambiente, así mismo, se debería crear un sistema de incentivos para todas aquellas empresas e industrias que lleven una gestión ambiental en sus procesos.
- En el Camal municipal del distrito de Tumán se recomienda la retención y recolección de sangre significando una medida de minimización de la contaminación del agua residual , su aplicación consistirá en una eficaz conducción de la sangre usando medidas técnicas para un buen desangramiento y una recolección completa y correcta de la misma , para esto a lo largo de los lugares de desangramiento se pueden instalar canales y láminas conductoras que recolecten la sangre de tal manera que pueda ser utilizada entre otras cosas para la elaboración de harina de la misma que la utilizan para la elaboración de balanceados , para compostaje etc.
- El contenido de los estómagos e intestinos y vísceras en mal estado, deberían mantenerse alejados de la canalización y ser eliminados en recipientes plásticos de tal manera que puedan ser reutilizados como desechos, junto con otros desechos para la elaboración de compost o darle un uso a nivel agrícola.
- Finalmente se recomienda a las autoridades gubernamentales a estudiar la presente propuesta del sistema de tratamiento de aguas residuales del Camal Municipal del Distrito de Tumán para viabilizar su implementación, ya que esta permitirá mitigar la contaminación de los factores ambientales, su reutilización para el riego de plantas de tallo corto , y tener un desarrollo sostenible en la zona

## VIII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ANA, Autoridad Nacional del Agua (2010). Protocolo de Monitoreo de la Calidad de los Recursos Hídricos. Lima. Fondo Editorial de la República.
- APHA (American Public Health Association, US); AWWA (American Water Works Association, US) -WEF (2005) Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater. 21th Edition. New York, 2-59 y 2-60, method 2540 F. Madrid.
- APHA (American Public Health Association, US); AWWA (American Water Works Association, US); WPCF (Water Pollution Control Federation, US), (1995). Métodos Normalizados para el análisis de aguas potables y residuales. Díaz de Santos, S.A. Madrid.
- Arenas S. ; NUNCIRA , A.(2010) .Evaluación de humedales artificiales para el tratamiento de Aguas residuales del sector industrial avícola. Bucaramanga – Colombia: Universidad Industrial Santander.
- BECERRA, L., VALENCIA, M., BARRIONUEVO, K. (2014). Nivel de contaminación en los efluentes provenientes de camales de la región la libertad. Rev. cuerpo méd. HNAAA 7(3).
- BENAVIDES, L. (2006). Evaluación de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales de la Central de Sacrificio de Túquerres (Nariño). (Tesis de especialidad). Universidad de Colombia. Sede Manizales.
- BRICEÑO, Y., CASTILLO, X. (2009). Diagnóstico Ambiental y Plan de Manejo para el Camal Municipal de Zapotillo. Tesis de Grado previa a la obtención del Título en: Ingeniería en Manejo y Conservación del Medio Ambiente. Loja – Ecuador.
- BONILLA M. (2007). Guía para el Manejo de los Residuos en Rastros y Mataderos Municipales. Comisión Federal para la Protección contra Riesgos Sanitarios (COFEPRIS).  
[www.cofepris.gob.mx/work/sites/cfp/resources/.../3/GUIA4.PDF](http://www.cofepris.gob.mx/work/sites/cfp/resources/.../3/GUIA4.PDF)
- CASTRO, M. Y VINUEZA, M. (2011), Tesis: "Manual para el manejo adecuado de los residuos sólidos generados por el Camal Municipal de Riobamba". Ecuador.



- COMISIÓN EUROPEA, (2003). "Prevención y control integrado de la contaminación". Sevilla- España. Instituto de estudios tecnológicos,
- CRITES Y TCHOBANOGLIOUS. (2000). Sistema de Manejo de Aguas Residuales para núcleos pequeños y descentralizados . Ed. Mc Graw Hill. Tomo1. Bogotá, Colombia.
- DELGADILLO O. et al. (2010). Depuración de Aguas Residuales por Medio de Humedales Artificiales. Cochabamba-Bolivia
- DE PAULA, H., SANGOI DE OLIVEIRA, M., and ANDRADE, S.L. Concrete plant wastewater treatment process by coagulation combining aluminum sulfate and Moringa oleifera powder. Journal of Cleaner Production, Volume 76(1), 2014, p. 125-130.
- EPA et al. (2007). Guidelines Establishing Test Procedures for the Analysis of Pollutants Under the Clean Water Act: national Primary Drinking Water regulations; and National Secondary Drinking Water Regulations; Analysis and Sampling Procedures; Final Rule. Part III, 40 CFR, Part 122, 136
- EIXOECOLOGÍA. Investigaciones Científicas. Agencia de Ecología Urbana. España – Portugal. Cooperación Transfronteriza. Recuperado de: [http://www.frbb.utn.edu.ar/carreras/efluentes/tema\\_9.pdf](http://www.frbb.utn.edu.ar/carreras/efluentes/tema_9.pdf)
- FERIA D, J.J., BERMUDEZ, R, S., y ESTRADA T, A. M. Eficiencia de la semilla Moringa Oleífera como coagulante natural para la remoción de la turbidez del río Sinú. Revista Producción más Limpia, 9 (1), 2014, p. 9-22
- Fundamentos de Tratamiento de Agua Residual. Capítulo 2. Recuperado de [http://catarina.udlap.mx/u\\_dl\\_a/tales/documentos/lic/hammeken\\_a\\_am/capitulo2.pdf](http://catarina.udlap.mx/u_dl_a/tales/documentos/lic/hammeken_a_am/capitulo2.pdf)
- GAVIDIA J. "Propuesta De Una Planta De Tratamiento Para Las Aguas Residuales Del Camal Municipal" Puyo-Ecuador
- GONZÁLEZ, A. "Efectos contaminantes de industrias agroalimentarias: mataderos e industrias cárnicas".

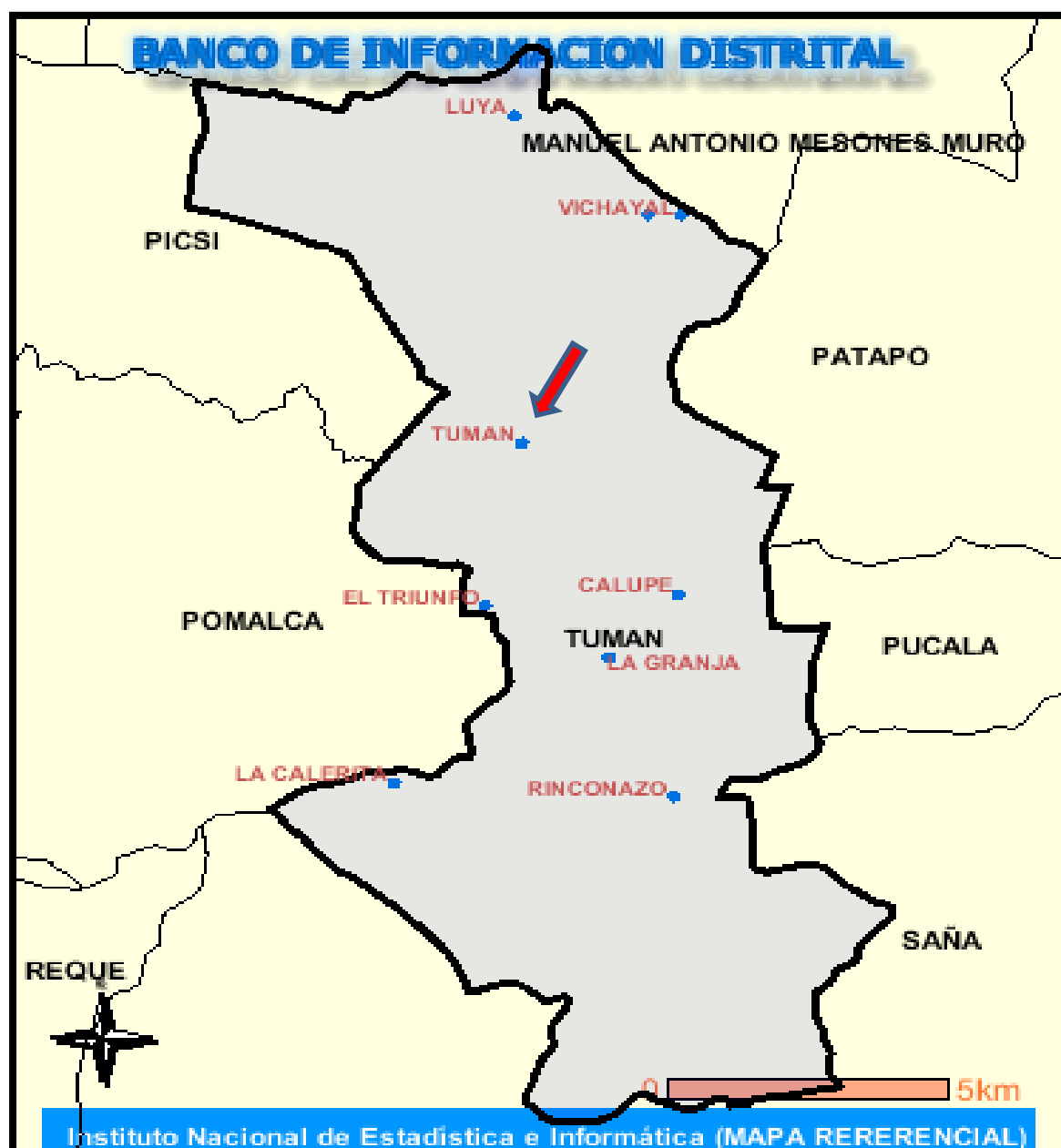
- GUERRERO J. E I. RAMÍREZ. (2004). Manejo Ambiental de Residuos en Mataderos de Pequeños Municipios, Universidad Tecnológica de Pereira.
- GREFA, V. (2013). Rediseño de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales – Centro de Faenamiento Municipal de Ganado de Orellana. Tesis De Grado Previo a la obtención del título de: Ingeniero en Biotecnología Ambiental.
- HIDALGO, M. MEJÍA. (2010). Diagnóstico de la Contaminación por Aguas Residuales Domesticas, en cuenca baja de la quebrada la Macana, San Antonio de Prado. Municipio de Medellín. (Tesis de especialidad). Universidad de Antioquia – Colombia.
- HIPÓLITO J. (2013). “Evaluación y Propuesta Técnica de una Planta de Tratamiento de Aguas Residuales en Massiapo del Distrito de Alto Inambari - Sandia” Tesis para optar el Título Profesional de: Ingeniero Agrícola Puno – Perú.
- HOYOS A. et al. (2017). Tratamiento De Aguas Residuales De Una Central De Sacrificio: Uso Del Polvo De La Semilla De La M. Oleífera Como Coagulante Natural. Biotecnología en el Sector Agropecuario y Agroindustrial Edición Especial No. 1 (29-39) Enero - Junio 2017.
- LOBO, M. (2009), "[Informe](#), aspectos ambientales, sociales y económicos, Argentina. Editorial Industria.
- LÓPEZ, J. (2011). Evaluación de la Eficiencia de un reactor Anaerobio de Flujo Ascendente y Manto de Lodos UASB para el Tratamiento de Aguas Residuales- Escaa. (Trabajo de tesis). Laboratorio Colegio de Ciencias e ingeniería Química. Universidad San Francisco de Quito. Quito – Ecuador.
- LÓPEZ, V. Y CASP, A. (2004). "Tecnología de Mataderos". Ediciones Mundi – [prensa. Madrid](#) España.
- MAPFRE [EMPRESAS](#), (2005). "Minimización del riesgo medioambiental en los mataderos". Centro de [documentación](#) Mapfre. [www.mapfre.com](http://www.mapfre.com)
- METCALF Y EDDY. (1995). Ingeniería de Aguas Residuales - Tratamiento, vertido y reutilización. 3º Ed. Vol. 1. Madrid – España.

- MONZÓN I. et al. (2001). Introducción a la Ingeniería Sanitaria y Ambiental. Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos. 1a. Ed V.4. Madrid-España.
- MORALES O. (2003). Tratamientos de Aguas Residuales – Tipos. Escuela de Ingeniería de Antioquia. Colombia.
- NAVARRO, P. et al. (1995). "Residuos Orgánicos y Agricultura" [Universidad](#) de Alicante, secretariado de publicaciones. Murcia, España.
- NHARINGO, T. and MOYO, M. Application of Opuntia ficus-indica in bioremediation of wastewaters. A critical review. Journal of Environmental Management. 166, 2016, p 55-72.
- OKUDA, T, et al. Insolation and characterization of coagulant extracted from Moringa oleífera seed by salt solution. Water Research, 35, 2001, p. 405–410.
- ORGANIZACIÓN PANAMERICANA DE LA SALUD. **2015**. Guía para el diseño de desarenadores y sedimentadores
- QUILLE G., T. DONAIRES. (2013). Tratamiento de Efluentes Líquidos y Sólidos de Camal Municipal llave. Rev. Investig. Altoandin. Vol. 15. Nro. 1: 65 – 72.
- RAS 2000. Reglamento Técnico del Sector de Agua Potable y Saneamiento Básico Ras Título de Sistemas de Recolección y Evacuación de Aguas Residuales Domésticas y Aguas Lluvias. Sistema de captación de residuos. Riobamba – Ecuador. Capítulo VI. Significación del control de aguas residuales. Bogotá – Colombia.
- REAL-OLVERA, J. et al. Adsorption of organic pollutants from slaughterhouse wastewater using powder of Moringa oleífera seeds as a natural coagulant. Desalination and Water Treatment, 57(21), 2015, p. 9971-9981
- ROMERO, D'ALESSANDRI. (2012). Caracterización y tratamiento de agua residual proveniente de las Plantas de Producción. Sertenejas - Venezuela: Universidad Simón Bolívar; Informe de Pasantía.
- ROMERO, J. (2002). Calidad del Agua., 1a. Ed., Bogotá-Colombia., Editorial Escuela Colombiana de Ingeniería.

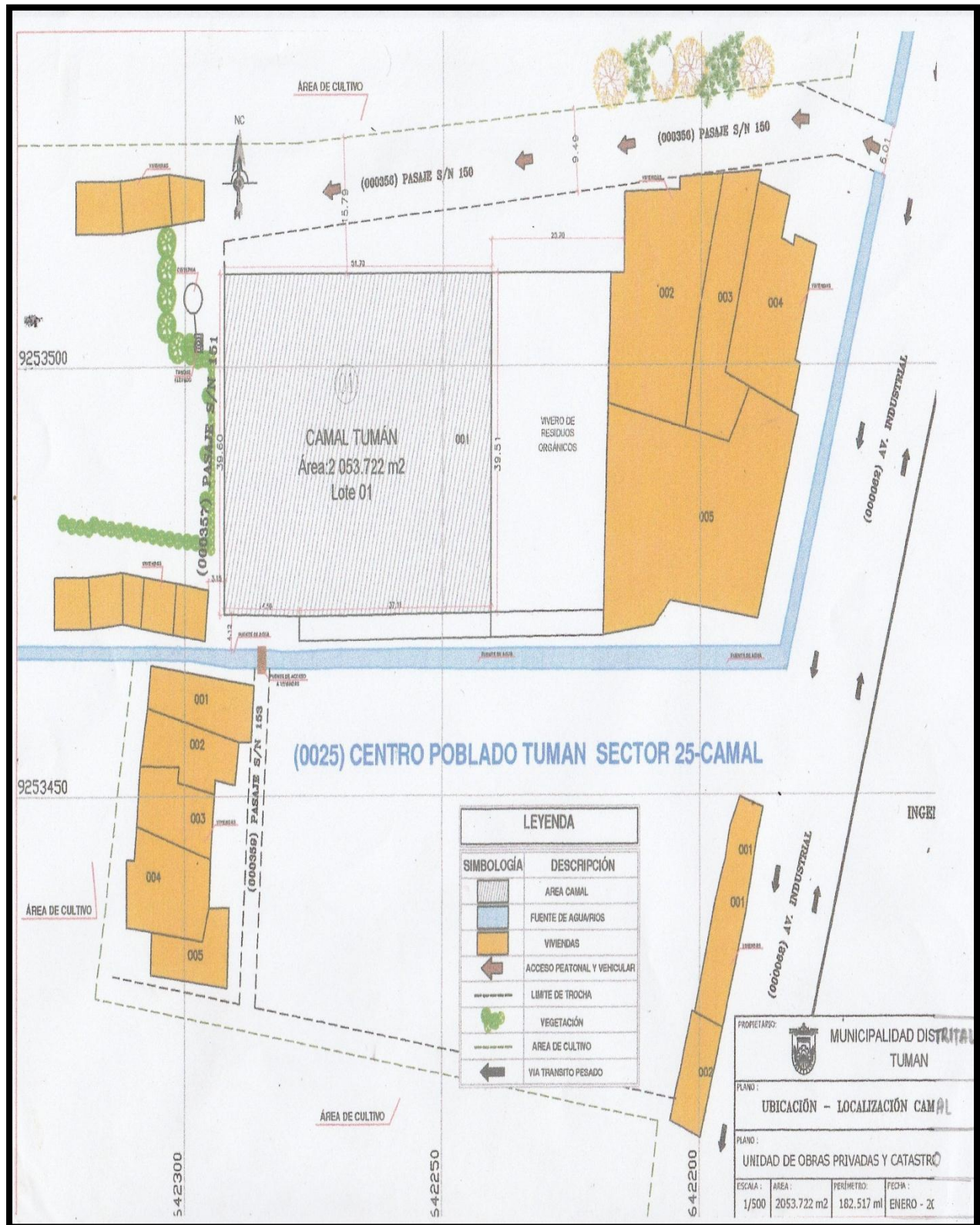
- RUIZ S. (2011). "[Plan de gestión](#) de residuos del camal del Cantón Antonio Ante" (Trabajo de Tesis). Facultad de [ingeniería civil](#) y Ambiental, [Escuela](#) politécnica nacional. Quito - Ecuador.
- SAINZ, J. (2005). Tecnologías para la Sostenibilidad: Procesos y Operaciones Unitarias en Depuración de Aguas Residuales. 1a. Ed. Fundación EOI Gregorio del Amo. Madrid-España.
- SALAS, G., CONDORHUAMAN, C. (2008). Tratamiento de las Aguas Residuales de un Centro de Beneficio o Matadero de Ganado. Rev. Per. Quim. Ing. Quim. Vol. 11. N° 1: 29 – 35.
- SEOÁNEZ, M. (2000). Tratado de Gestión del Medio Ambiente Urbano. Ed. Mundi - Prensa. Madrid-España.
- SISTEMA DE CAPTACIÓN DE RESIDUOS. Capítulo VI. Significación del Control de Aguas Residuales. Recuperado de: [http://catarina.udlap.mx/u\\_dl\\_a/tales/documentos/lar/manilla\\_l\\_m/capitulo6.pdf](http://catarina.udlap.mx/u_dl_a/tales/documentos/lar/manilla_l_m/capitulo6.pdf)
- TULSMA (2015). Libro VI del Texto Unificado de Legislación Secundaria del Ministerio del Ambiente. Acuerdo Ministerial N° 061 Ministerio del Ambiente.
- VÁSQUEZ, T., AGUINAGA, M., Y ZEGARRA, R. (2013). Propuesta de Mejora de Tratamiento de Aguas Residuales en una Empresa Pesquera. Piura – Perú.
- VÁZQUEZ, A. Descripción del tratamiento de aguas residuales y fangos, Universidad Veracruzana

## IX. ANEXOS

### Anexo 01: Mapa de Ubicación Geográfica Distrito de Tuman



## Anexo 02: Plano de Ubicación del Área de Estudio

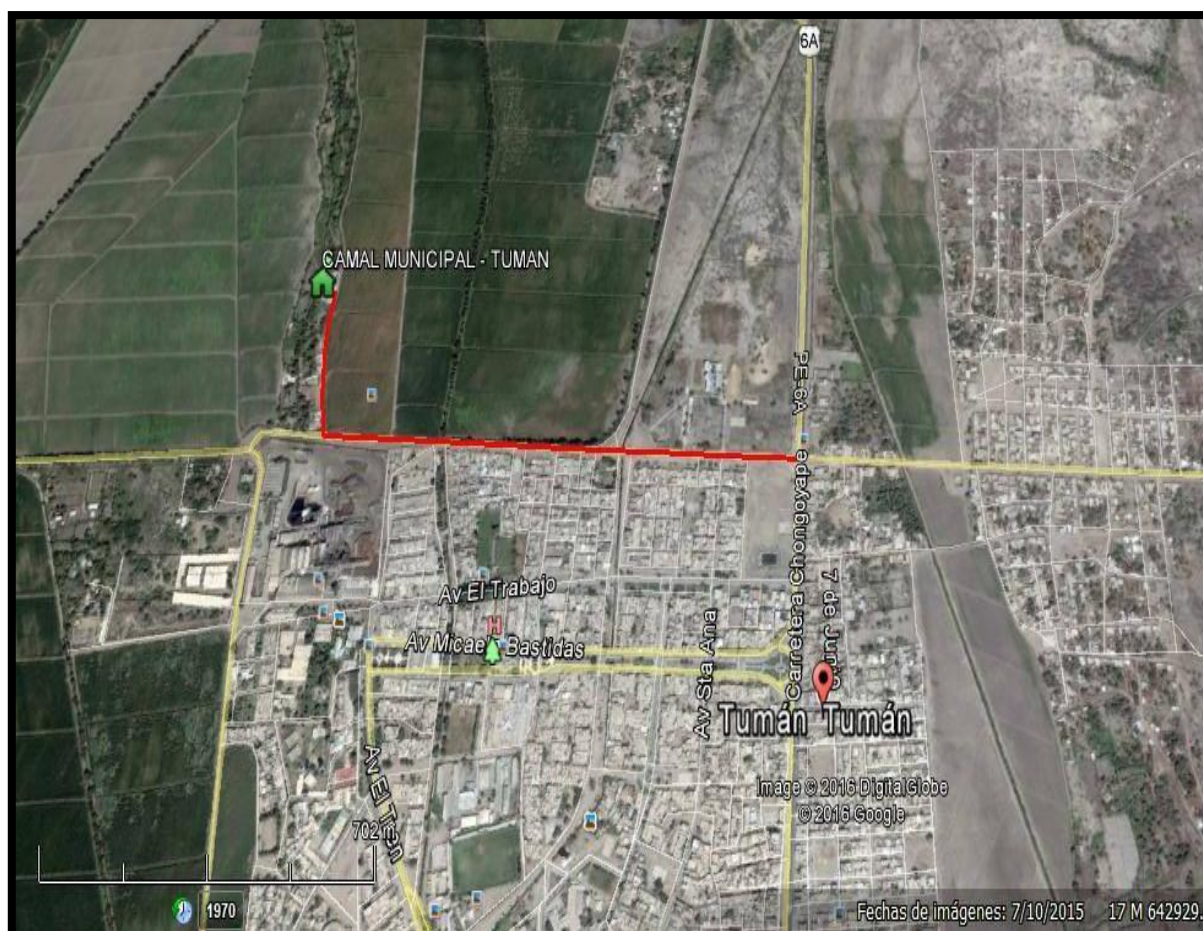




**Anexo 03: Requisitos para la toma de muestras de agua residual y preservación de las muestras para el monitoreo**

Determinación/Parámetro	Recipiente	Volumen mínimo de muestra (1)	Preservación y concentración	Tiempo máximo de duración
<b>Fisicoquímico</b>				
Temperatura	P,V	1000 mL	No es posible	15 min
pH (2)		50 mL	No es posible	15 min
DBO <sub>5</sub> (3)	P,V	1000 mL	Refrigerar a 4°C	48 horas
DQO (3)	P,V	100 mL	Analizar lo más pronto posible, o agregar H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> hasta pH<2; refrigerar a 4°C	28 días
Aceites y grasas	V, ámbar boca ancha calibrado	1000 mL	Agregar HCl hasta pH<2, refrigerar a 4°C	28 días
Sólidos suspendidos Totales (SST)	P,V	100 mL	Refrigerar a 4°C	7 días
<b>Microbiológico</b>				
Coliformes termotolerantes (NMP)	V, esterilizado	250 mL	Refrigerar a 4°C Agregar tiosulfato en plantas con cloración	6 horas

# Anexo 04 : Ubicación Satelital del Camal Municipal del Distrito de Tumbán





[illegible]

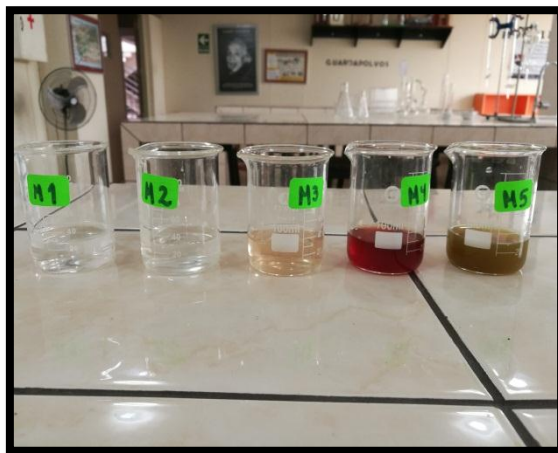
**Anexo 06 : Reconocimiento y Visita a las Instalaciones del Camal Municipal del Distrito de Tumán**



**Anexo 07: Análisis Físico Químicos y Microbiológicos de las Aguas Residuales del Camal Municipal del Distrito de Tumán pH – T°**



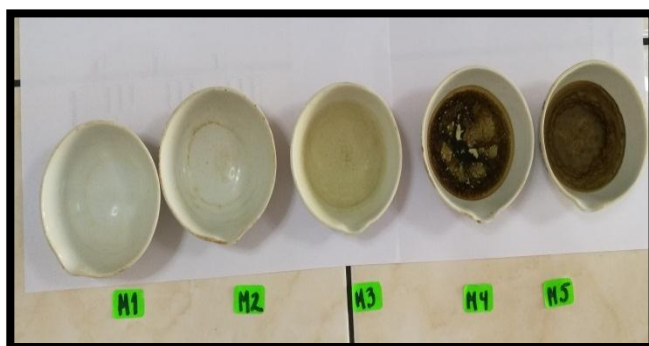
**Muestras de aguas residuales**



**Determinación pH – Temperatura**



**Anexo 08 Análisis Físico Químicos y Microbiológicos de las Aguas Residuales  
del Camal Municipal del Distrito de Tumán Determinación de Solidos  
Sedimentables Totales (SST)**



## Anexo 09: Análisis Físico Químicos y Microbiológicos de las Aguas Residuales del Camal Municipal del Distrito de Tumbán Coliformes Totales y Fecales



## Prueba Presuntiva y Confirmativa para Coliformes Totales y Fecales

**Anexo 10 : Recomendaciones referidas a la Calidad del Agua de Reúso para  
Riego según la OMS - 1989**

CATEGORÍA	CONDICIONES DEL REÚSO	GRUPO EXPUESTO	HELMINTOS INTESTINALES <sup>b)</sup> (HUEVOS/L <sup>c)</sup> )	COLIFORMES (PROMEDIO POR 100 mL <sup>c)</sup> )	TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES
A	RIEGO DE CULTIVOS QUE SE CONSUMEN CRUDOS, CAMPOS DEPORTIVOS Y PARQUES PÚBLICOS <sup>d)</sup>	TRABAJADORES, CONSUMIDORES, USUARIOS	≤ 1	≤ 1000 <sup>d)</sup>	LAGUNAS DE ESTABILIZACIÓN EN SERIE DISEÑADAS PARA LOGRAR LA CALIDAD MICROBIOLÓGICA INDICADA O TRATAMIENTO SIMILAR
B	RIEGO DE CEREALES, CULTIVOS INDUSTRIALES, FORRAJES Y ÁRBOLES <sup>e)</sup>	TRABAJADORES	≤ 1	NO HAY UN ESTÁNDAR DE CALIDAD RECOMENDADO	RETENCIÓN EN LAGUNAS DE ESTABILIZACIÓN ENTRE 8 Y 10 DÍAS O REMOCIÓN EQUIVALENTE DE HELMINTOS Y COLIFORMES FECALIS
C	RIEGO DE CULTIVOS DE LA CATEGORÍA B, SI NO HAY EXPOSICIÓN DE TRABAJADORES Y DEL PÚBLICO	NINGUNO	SIN APLICACIÓN	SIN APLICACIÓN	TRATAMIENTO PRELIMINAR SEGÚN EL REQUERIMIENTO DE LA TECNOLOGÍA DE RIEGO, PERO NO MENOR QUE LA SEDIMENTACIÓN PRIMARIA

a) En casos particulares, factores epidemiológicos, socioculturales, medioambientales y los lineamientos modificados, respectivamente.

b) Especies de áscaris, Trichuris y anquilostoma.

c) Durante el tiempo de riego.

d) Para césped público donde puede existir contacto directo para el público se recomiendan valores más estrictos (≤ 200 coliformes fecales/100 ml).

e) En el caso de forraje, el agua debe ser recolectada directamente de la fuente o los forrajes deben ser lavados antes de ser utilizados.

### Anexo 11 : Base de Datos Estadísticos Camal Municipal del Distrito Tumán

DÍAS	AGOSTO				SETIEMBRE				OCTUBRE			
	GANADO				GANADO				GANADO			
	V	P	O	C	V	P	O	C	V	P	O	C
1	10	4	2	0	8	14	1	0	4	0	0	0
2	9	3	2	0	6	9	0	2	8	4	2	0
3	10	6	1	0	6	1	0	0	6	6	0	1
4	9	14	0	5	10	5	0	0	6	4	1	2
5	10	10	0	6	8	6	0	0	4	6	0	1
6	5	0	0	0	9	3	1	1	7	14	0	5
7	7	4	0	2	6	6	1	0	6	10	0	2
8	12	4	0	1	10	11	0	3	0	0	0	0
9	8	4	0	0	7	7	2	1	8	3	1	0
10	8	8	0	1	3	0	0	0	7	3	2	1
11	7	12	0	2	9	4	0	0	4	4	1	1
12	7	9	0	3	10	5	1	1	4	6	0	0
13	4	0	0	0	6	7	0	0	7	11	2	2
14	10	4	0	1	8	6	1	1	8	10	2	1
15	13	5	0	3	6	13	0	0	0	0	0	0
16	4	4	0	1	10	9	2	1	6	9	0	0
17	8	7	0	1	4	0	0	0	8	6	0	2
18	9	10	0	2	11	5	1	2	6	3	0	2
19	5	8	0	1	8	3	1	0	7	6	2	1
20	6	0	0	0	6	3	0	1	6	13	2	2
21	9	6	0	2	7	5	0	0	2	5	0	0
22	7	5	0	0	10	14	1	1	0	0	0	0
23	7	3	1	2	6	8	4	1	8	3	0	2
24	6	4	0	1	5	0	0	0	6	3	0	0
25	9	10	0	3	8	4	1	0	5	4	0	1
26	6	8	0	3	9	4	0	0	8	6	0	0
27	5	0	0	0	8	3	2	0	3	9	0	5
28	9	6	1	0	8	8	0	2	6	11	0	1
29	7	8	0	3	8	13	0	3	0	0	0	0
30	9	2	0	0	6	10	0	1	11	3	0	2
31	8	6	1	1	0	0	0	0	5	10	3	1
<b>TOTAL</b>	243	174	8	44	226	186	19	21	166	172	18	35
	469				452				391			